



VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA APLIKOVANÉ INFORMATIKY

Návrh počítačové sítě pro základní školu  
Design of computer network for elementary school

Student: Jan Řeha

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jan Řeha**

Studijní program:

B6209 Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor:

6209R001 Aplikovaná informatika

Téma:

Návrh počítačové sítě pro základní školu  
Design of Computer Network for Elementary School

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Technologie a základní pojmy počítačových sítí
3. Analýza současného stavu sítě
4. Návrh rozšíření a finanční analýza sítě
5. Zhodnocení navrhovaného řešení
6. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

LAMMLE, Todd. *Cisco Certified Network Associate Study Guide*. 6th ed. Indianapolis: Wiley Publishing, 2007. ISBN 978-0-470-11008-9.

SOSINSKY, Barrie. *Mistrovství – počítačové sítě*. Přeložil Josef POJSL a Pavel VAIDA. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3363-7.

HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 3. vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-0892-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

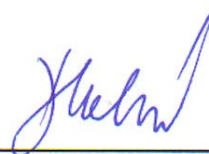
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.**

Datum zadání: 25.11.2011

Datum odevzdání: 11.05.2012



Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová  
děkanka fakulty

Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracoval(a) samostatně.  
Přílohy č. ..., dané mi k dispozici, jsem samostatně doplnil(a).



Jan Řeha

V Ostravě dne 11. 5. 2012

Na tomto místě bych chtěl vyjádřit poděkování vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Rozehnalovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za morální podporu.

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	- 5 -
<b>2. Teoretická východiska</b>	- 6 -
2.1 Dělení počítačových sítí	- 6 -
2.1.1 Dělení sítí podle rozlehlosti	- 6 -
2.1.2 Dělení sítí podle topologie	- 6 -
2.1.3 Dělení sítí podle role uzlů	- 7 -
2.2 Referenční model ISO/OSI	- 8 -
2.3 Rodina protokolů TCP/IP	- 9 -
2.3.1 Architektura protokolů TCP/IP	- 10 -
2.3.2 Základní protokoly z rodiny protokolů TCP/IP	- 10 -
2.3.3 Další protokoly rodiny TCP/IP	- 12 -
2.4 Ethernet	- 13 -
2.4.1 Technologie Ethernet	- 13 -
2.4.2 Gigabit Ethernet	- 14 -
2.5 Bezdrátové sítě	- 15 -
2.6 Síťový hardware a software	- 16 -
2.6.1 Aktivní prvky sítě	- 16 -
2.6.2 Síťový software	- 17 -
2.7 Zabezpečení	- 18 -
2.7.1 Zabezpečení sítí obecně	- 18 -
2.7.2 Zabezpečení WIFI sítí	- 21 -
<b>3. Analýza současného stavu sítě</b>	- 22 -
3.1 Charakteristika organizace	- 22 -
3.2 Analýza budov	- 23 -
3.3 Charakteristika správy sítě	- 27 -
<b>4. Návrh rozšíření a finanční analýza sítě</b>	- 30 -
4.1 Obecná charakteristika	- 30 -
4.2 Návrh minimální varianty	- 31 -
4.2.1 Charakteristika hardware a software minimální varianty	- 31 -
4.2.2 Organizace síťového hardware minimální varianty	- 36 -

4.3 Návrh maximální varianty .....	- 39 -
4.3.1 Charakteristika hardware a software maximální varianty .....	- 39 -
4.3.2 Organizace síťového hardware maximální varianty .....	- 41 -
4.4 Nastavení a možnosti zařízení .....	- 43 -
4.5 Finanční analýza .....	- 45 -
<b>5. Zhodnocení navrhovaného řešení .....</b>	<b>- 47 -</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>- 49 -</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>- 49 -</b>
<b>Seznam zkratek .....</b>	<b>- 49 -</b>
<b>Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce .....</b>	<b>- 49 -</b>

# 1. Úvod

Počítače se staly nedílnou součástí našeho života. Setkáme se s nimi v podstatě všude, nejenom v práci, ve škole, doma. Tyto moderní výpočetní stroje řídí dnešní dobu a drží ji v chodu. Ovšem stalo by se tak, nebýt internetu a počítačových sítí vůbec? Samostatný počítač je mocným pomocníkem, ale jeho pravá síla spočívá až po připojení ke světové síti. Internet se šíří do všech sfér digitálního průmyslu, například digitálních televizí, či dnešních mobilních telefonů, které mají svůj vlastní operační systém a umožňují tak přístup ke globální síti. Páteřní síť v roce 1992 měla propust 19,2 kBit/s, což je menší rychlost než v době, kdy do domácností pronikaly počítačové modemy. Za posledních 20 let se rychlost páteřní sítě pohybuje v desítkách gigabitů, internetové připojení se tak znásobilo o stovky tisíc.

V podstatě každá firma již využívá připojení k internetu a obecně moderní komunikační i informační technologie. Usnadňují práci s informacemi, ale hlavně šetří náklady, které také snižuje vláda. Moderními prostředky chce ušetřit ve všech sférách, tedy i ve školství, kde se snaží čerpat peníze ze zdrojů EU.

V případě mé bakalářské práce zpracuji návrh na rozšíření a modernizaci počítačové sítě pro základní školu v Ostravě Hošťálkovicích. Škola byla v roce 2003 vybrána do projektu Indoš. Od té doby nebyla do infrastruktury sítě investována ani koruna a škola má nyní možnost přihlásit se do projektu EU Peníze školám. Řešení spočívá ve využívání tzv. šablon klíčových aktivit. Pomocí těchto šablon si školy podle svých potřeb sestaví projektovou žádost, na jejímž základě získají dotaci. Proto je potřeba navrhnout a spočítat modernizaci sítě, aby měla škola z čeho vycházet.

Cílem bakalářské práce je modernizace a finanční analýza sítě počítačové učebny technologií Gigabit Ethernet spolu s rozšířením stávající sítě v jednotlivých částech školy. Návrh je zpracován ve dvou variantách – minimální a maximální, které se liší zejména rozsahem a v nákladech na vybudování sítě. Popíši současný stav, ze kterého vyvodím rozšíření nebo změny v síti. V návrhu se zaměřím na požadavky pro výběr vhodného software a hardware pro vybudování uzlů sítě a koncových stanic.



## **2. Teoretická východiska**

Počítačovou síť lze definovat jako souhrn technických prostředků umožňující spojení a výměnu informací mezi jednotlivými zařízeními. Komunikace mezi uživateli probíhá na základě předem daných pravidel. (MERČIŠÁK, 2008)

### **2.1 Dělení počítačových sítí**

#### **2.1.1 Dělení sítí podle rozlehlosti**

##### **Sítě LAN (Local area network)**

Jedná se o síť menšího rozsahu omezenou na jedno lokální místo. Příkladem může být síť v místnosti, podniku, či budově. Zajišťují sdílení lokálních prostředků jako tiskáren, dat, aplikací. Pro přenos dat se většinou používají metalické kabely. Pro propojení se nejčastěji používá technologie Ethernet. (HORÁK, 2006)

##### **Sítě MAN (Metropolitan area network)**

Metropolitní, neboli městská síť je většího rozsahu. Mluvíme o síti města, či rozsáhlých institucí. Při technickém pohledu jde o složení několika sítí LAN. Udávaná velikost je do 75 km. Kromě kabelových linek bývají propojeny bezdrátově. Rozrůstající infrastrukturou a postupným vzájemným propojováním se rozdíl mezi LAN a MAN sítěmi ztrácí a stávají se hůře zařaditelné. (HORÁK, 2006)

##### **Sítě WAN (Wide area network)**

Sítě WAN jsou nejrozsáhlejší ze sítí. Jedná se o plochu několika desítek kilometrů a je určena na dlouhé vzdálenosti. Spousta WAN sítí je budována soukromě, většinou poskytovali telekomunikačních služeb. (HORÁK, 2006) Za síť WAN tak můžeme označit i celosvětovou síť internet. Platí, že sítě jsou tvořeny podsítěmi (LAN, MAN) a ty jsou propojeny metalickými, či optickými kabely, ale také bezdrátově. (BARTÁČEK, 2011)

#### **2.1.2 Dělení sítí podle topologie**

##### **Sběrníková topologie (Bus)**

Sběrnice je jednoduché síťové připojení, kde jsou koncová zařízení připojena na jedno přenosové médium. (BARTÁČEK, 2011) Výhodou jsou nízké pořizovací náklady. Problém nastává, jakmile chtějí dva klienti vysílat ve stejný okamžik – vznik kolizí. (HORÁK, 2006)

### **Kruhová topologie (Ring)**

Spojení je realizováno spojením jednotlivých uzlů do kruhu. Topologie má jednoduchý přenos dat, nevznikají kolize. Při zhroucení jednoho uzlu má závada dopad na celou síť. (HORÁK, 2006) (BARTÁČEK, 2011)

### **Hvězdicová topologie (Star)**

Počítače jsou v síti propojeny do tvaru připomínající hvězdici. Jedná se o nejrozšířenější topologii. Výhodou je nezávislost mezi jednotlivými koncovými body sítě. Nevýhoda je v použití většího množství kabelů a centrálních prvků jako je například router. V případě selhání centrálního prvku spadne celá síť. (BARTÁČEK, 2011)

### **Stromová topologie (Tree)**

Zapojení vychází z hvězdicové topologie. Jedná se tedy o propojení několika hvězdicových sítí, tvarem připomínající strom, jelikož dochází k větvení. Použití je uplatňováno v rozsáhlých počítačových sítích ve velkých firmách. (BARTÁČEK, 2011)

#### **2.1.3 Dělení sítí podle role uzlů**

Uzly počítačových sítí jsou jednotlivé počítače, servery nebo jiné sítě, například páteří sítě či internet. Máme dva typy sítí rozdělené podle toho, jakou roli zastávají tyto uzly v síti. (GLOS, 2007)

#### **Model sítě typu peer-to-peer**

Při použití peer-to-peer (neboli P2P) modelu si jsou všechny uzly v síti rovny. Není přítomen žádný server pro řízení a správu sítě. Všechny počítače fungují zároveň jako server a klient. Používá se v jednoduchých sítích. Dnes se P2P vztahuje hlavně na výměnné sítě, kde si uživatelé mohou vyměňovat data pomocí internetu. (GLOS, 2007)

#### **Model sítě typu client-server**

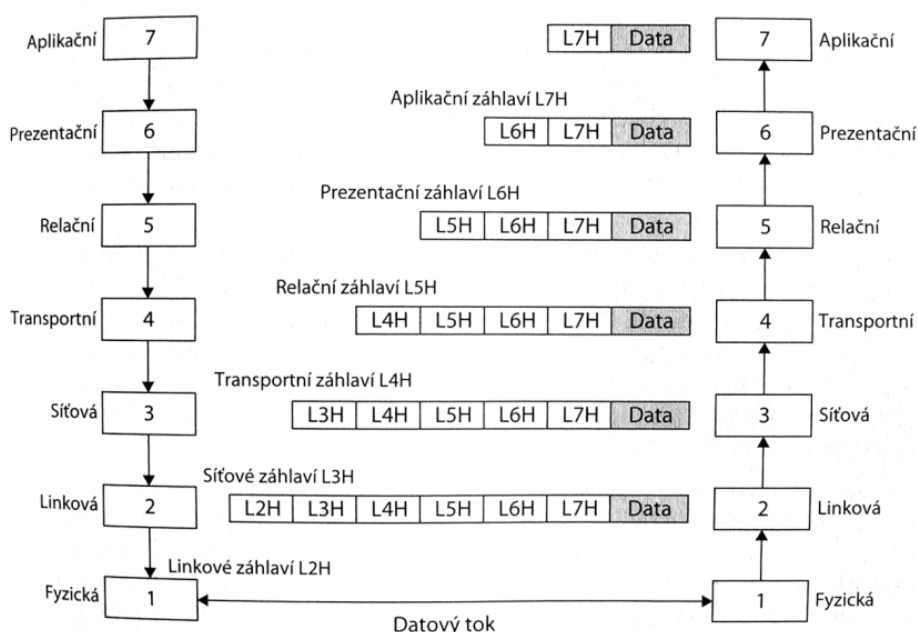
Princip spočívá na rozdělení „monolitické“ aplikace na serverovou a klientskou část. Server slouží jako poskytovatel k souborům, periferiím a zařízením při zachování ochrany proti neoprávněnému přístupu klientů k těmto datům. (GLOS, 2007) Klienti a server si posílají data, které představují dotazy a odpovědi. Model může fungovat na různých platformách, ale také na různých operačních systémech.

Klient není univerzální, pro různé aplikace je tedy nutné mít jinou klientskou část. (GUŽÍK, 2006)

## 2.2 Referenční model ISO/OSI

Model vypracovala organizace ISO (International Standards Organization), v roce 1984 ho přijala jako mezinárodní normu. Kompletní normu přijala také CCITT (Švýcarská organizace tvořící standardy pro oblast telekomunikací v celosvětovém měřítku) jako doporučení X.200. OSI je zkratka pro Open System Interconnection, propojení otevřených systémů. Je to referenční model vrstevové síťové architektury. (GUŽÍK, 2006)

Model definuje sedm vrstev, které následují v tomto pořadí: aplikační, prezentační, relační, transportní, síťová, linková a fyzická. Jednotlivé vrstvy pomáhají při procesu výměny dat. Při odesílání každá vrstva obaluje data dalšími informacemi. Při přijímání se naopak data postupně odebírají. Jedná se o tzv. zapouzdření dat, které je pro lepší pochopení zobrazeno v obrázku 2.1. (SOSINSKY, 2010)



Obrázek 2.1 Zapouzdření dat referenčního modelu ISO/OSI (SOSINSKY, 2010)

**Aplikační vrstva** – Tato vrstva zajišťuje spojení mezi aplikací a sítí. Pracuje zde software, s kterým je uživatel v interakci. Mezi programy této vrstvy patří například webové prohlížeče, emailoví klienti, příkazové řádky, kancelářské balíky. (SOSINSKY, 2010)

**Prezentační vrstva** – Vrstva formátuje a komprimuje data do podoby, ve které mohou být zpracována příjemcem. Další funkcí vrstvy jsou šifrovací mechanismy, například normy pro kódování textu, či grafických dat. (SOSINSKY, 2010)

**Relační vrstva** – Zakládá unikátní spojení mezi odesílatelem a příjemcem dat, také zajišťuje korektní přenos a řídí tok v rámci relace. (GUŽÍK, 2006) Relační spojení je vrstvou synchronizováno. (SOSINSKY, 2010)

**Transportní vrstva** – Úkolem vrstvy je řídit hlavní aspekty vysílání a přijímání dat (segmentů, datagramů). Tedy data náležející k nějaké relaci správně rozčlenit, poté je předat ve správném formátu a velikosti síťové vrstvě. Jasný příklad je použití u transportních protokolů TCP a UDP. (SOSINSKY, 2010)

**Síťová vrstva** – Vrstva řeší adresaci systému, mezi kterými dochází k výměně dat (paketů). Určuje řízení a směřování pro určení trasy cestujících paketů mezi jednotlivými sítěmi. Na této vrstvě pracují například směrovače neboli routery. (SOSINSKY, 2010)

**Linková vrstva** – Linková, nebo také spojová vrstva, se zabývá adresací hardwarů. Úkolem je také detekce a korekce chyb, oznamování neopravitelných chyb. Vrstva už nepracuje s pakety, ale s tzv. rámci. (GUŽÍK, 2006)

**Fyzická vrstva** – Fyzická vrstva řeší elektrické a mechanické aspekty přenosu. Definuje přenosové médium a jeho použití, například kabely, optická vlákna, rádiové vlny a další. Dále je nutno definovat a nastavit normu pro reprezentaci booleovských hodnot 1 a 0. (SOSINSKY, 2010)

## 2.3 Rodina protokolů TCP/IP

V 70. letech se americká obranná agentura DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) začala zabývat možnostmi paketových sítí, aby tak usnadnila komunikaci mezi rozdílnými počítačovými systémy. Výsledek dal vzniknout nejrozšířenější sadě otevřených protokolů, které mohou být použity ke komunikaci v sítích. Lze je použít jak v rámci sítí LAN, tak i WAN. Základní sada komunikačních protokolů obsahuje protokol TCP a IP. Ty byly později zahrnuty do UNIXu a staly se tak základem pro celosvětovou síť internet. (GUŽÍK, 2006)

### 2.3.1 Architektura protokolů TCP/IP

Model ISO/OSI a protokoly TCP/IP mají k sobě jistý vztah. Oba mají svou vlastní definici vrstev i protokolů na daných vrstvách. Je nutné využívat komunikační zařízení vyhovující normě ISO/OSI pro přenos paketů, nebo naopak, potřeba realizovat služby podle dané normy přes internet. Na obrázku 2.2 vidíte propojení vrstev obou protokolů, ale také architekturu s využitím protokolů běžících na dané vrstvě. (BOŽEK, 2009)

OSI	TCP / IP	Aplikace a protokoly							
7. aplikační	Aplikační vrstva	Telnet	FTP	TFTP	SMTP	RIP	DNS	Ostatní	
6. prezentační									
5. relační									
4. transportní	Transportní vrstva	TCP			UDP				
3. síťová	Síťová vrstva	IP		ICMP		ARP			RARP
2. linková	Vrstva síťového rozhraní								
1. fyzická		Token ring	Ethernet		Jiné typy protokolů				

Obrázek 2.2 Propojení vrstev protokolů TCP/IP s modelem ISO/OSI (HORÁK, 2006)

### 2.3.2 Základní protokoly z rodiny protokolů TCP/IP

#### Protokol IP (Internet Protocol)

Internet protokol je základním protokolem ze sady TCP/IP. IP protokol dopravuje a směruje data přes jednotlivé routery (směrovače) mezi libovolnými počítači v internetu, tedy přes mnohé sítě LAN. (DOSTÁLEK, 2000) Umožňuje tak spojit jednotlivé lokální sítě do celosvětového internetu. Toto spojení je nespojované a nespolehlivé, s částečnou detekcí chyb. Poskytuje tak službu směrovaného doručování bez navázání spojení metodou zvanou best effort. (GUŽÍK, 2006)

IP-protokol je tvořen několika dílčími protokoly: (BOŽEK, 2009)

- Vlastním protokolem IP
- Služebním protokolem ICMP sloužícím k signalizaci mimořádných stavů
- Služebním protokolem IGMP sloužícím pro dopravu adresných oběžníků

- Služebními protokoly ARP a RARP, které jsou často vyčleňovány jako nezávislé a samostatné, protože jejich rámce nejsou předcházeny IP záhlavím.

Dnes máme dvě verze protokolu IP. Starší a zatím stále nejpoužívanější verzí je IPv4. Verze vznikla v roce 1980 a důvodem vzniku bylo vylepšení adresace a rozšíření kombinací IP adres pomocí síťových masek, kdy jsou sítě děleny do jistých, na sobě nezávislých skupin. Tyto nezávislé skupiny sítí oddělené směrovači můžou tak obsahovat stejné IP adresy, aniž by vznikaly kolize v síti. (DOSTÁLEK, 2000) V dnešní době, díky rychlému rozmachu sítí dal v roce 1995 vzniku IPv6, nové verze staršího protokolu. Funguje na podobném principu, ale nabízí několikanásobně více kombinací IP adres. Kombinací je tolik, že snad není možné vyčerpat je všechny. Nová generace protokolu počítá, že každý počítač či jiné zařízení (televize, mobilní telefon, PDA) bude mít svou unikátní IP adresu. (LAMMLE, 2007)

### **Protokol TCP** (Transmission Control Protocol)

V současnosti se jedná o nejpoužívanější transportní protokol v počítačových sítích. Poskytuje řídicí mechanismus pro zacházení s daty, dopravuje data mezi dvěma konkrétními aplikacemi běžících na těchto počítačích. Protokol je spojovou službou, tedy na dobu spojení vytvoří virtuální okruh. Tento okruh umožňuje duplexní výměnu dat, jinými slovy přenos oběma směry. (DOSTÁLEK, 2000) Data jsou přenášena pomocí TCP segmentů. Segmenty aplikací používajících TCP protokol jsou zabezpečeny kontrolním součtem a jsou jištěny proti ztrátě či poškození. Účelem protokolu tak bylo zajistit spolehlivý, bezpečný způsob výměny dat, ovšem bez optimalizace rychlosti. Vznikají tak zpoždění při opětovném vyslání požadavků na ztracená či poškozená data. (SOSINSKY, 2010)

### **Protokol UDP** (User Datagram Protocol)

Je velice blízký protokolu TCP, ovšem v jednodušší alternativě. V rámci UDP se vyměňují krátké úseky dat zvané datagramy. Na rozdíl od protokolu TCP je nespojovaný, čili nenavazuje spojení. Hlavní rozdíl spočívá, že UDP protokol se nestará, zda se příjemci odchozí datagramy cestou neztratily. Zajišťuje pouze detekci chyb, ostatní funkce zajišťuje sama aplikace. Díky této vlastnosti je mnohem rychlejší a využití najde v aplikacích, které jsou založené na rychlé výměně malých bloků dat. (DOSTÁLEK, 2000)

### 2.3.3 Další protokoly rodiny TCP/IP

V předchozí kapitole jsem popsal tři základní protokoly, nyní popíši ostatní protokoly sady TCP/IP. Ty úzce souvisí a spolupracují se základními protokoly.

**Protokol ICMP** – Jak bylo řečeno, jedná se o služební protokol pro signalizaci mimořádných událostí. Signalizovat můžeme nejrůznější situace, ovšem z bezpečnostních důvodů mohou být na směrovačích mnohé signály zahazovány. (DOSTÁLEK, 2000) Používá se k předávání diagnostických a chybových informací. Je nespojovaný a nespolehlivý, s částečnou detekcí chyb. Své pakety balí přímo do IP protokolů. (GUŽÍK, 2006)

**Protokol DHCP** – Hlavním úkolem protokolu je hostům automaticky přidělovat IP adresu. Usnadňuje tak práci správcům sítě či uživatelům, není potřeba zasahovat do nastavení sítě a zdlouhavě vypisovat IP adresy sítě ručně. (LAMMLE, 2007)

**Protokol FTP** – Protokol určený pro přenos vzdálených souborů pomocí autorizovaného přístupu. Není pouze protokolem, ale také aplikací, používá jej například program Total Commander, jeden z nejpoužívanějších FTP klientů. (LAMMLE, 2007)

**Protokol HTTP** – Jedná se o protokol určený pro přenos různých objektů mezi webovým serverem a prohlížečem. Protokol má i svou zabezpečenou variantu – HTTPS. (KOSEK, 2011)

**Protokol SMTP, POP3** – Je protokol textově orientovaný pro odesílání elektronické pošty. Pro příjem pošty se používá protokol POP3 nebo IMAP4. (GUŽÍK, 2006)

**Protokol DNS** – Všechny aplikace používající síťovou komunikaci mezi počítači používají k identifikaci uzlů IP adresy. Ty jsou pro člověka těžko zapamatovatelné. Úkolem DNS – doménového systému je zjednodušit práci s IP adresami. IP adrese je přiřazeno tzv. doménové jméno, místo dlouhého čísla IP adresy nám stačí si zapamatovat krátké jméno. IP adresa může mít přiřazeno více doménových jmen. (DOSTÁLEK, 2000)

**Protokol LDAP** – Protokol slouží k výměně informací mezi počítači. Úkolem je zajistit autentizaci – jedná se tedy o autentizační nástroj, ale nejenom to, umí přistupovat i k adresářovým službám. Pod adresářovou službou si můžeme

představit databázi, do které lze uložit informace mnoha typů. Příkladem může být mapování IP adres, informace o účtech a další. Poskytuje tedy nástroje, kdy adresářové služby je možno používat po síti – cílem je centrální správa informací. LDAP server může běžet jak na Linuxu, tak na Windows s pomocí Active directory. Nestačí pouze vybrat vhodný nástroj pro LDAP server, je potřeba vybrat programy, které poběží na stanicích a umí se vůči serveru autentizovat. (SMITH, 2006)

## **2.4 Ethernet**

### **2.4.1 Technologie Ethernet**

Ethernet je nejrozšířenějším standardem sítí LAN, zabývá se implementací lokálních sítí LAN. (HORÁK, 2006) Navrhla jej v roce 1976 firma Xerox a od té doby se postupně vyvíjel do několika variant, které se používají dodnes, i přes snahy nahradit je jinými, modernějšími technologiemi. Existují čtyři základní kategorie neboli standardy: (GUŽÍK, 2006)

- 1) Ethernet a specifikace IEEE 802.3 pro místní síť LAN pracující s rychlostí 10 Mbit/s, běžící na krouceném, nebo koaxiálním kabelu.
- 2) Specifikace lokální sítě Fast Ethernet s rychlostí 100 Mbit/s na krouceném kabelu, tzv. kroucené dvojlince.
- 3) Gigabit Ethernet, specifikace sítě s využitím optických vláken či kroucených kabelů s rychlostí 1000 Mbit/s.
- 4) 10G Ethernet, nová páteřní architektura podle standardu IEEE 802.3ae.

Z praktického hlediska, standardem definované vlastnosti nás nejvíce zajímají tyto čtyři: (HORÁK, 2006)

- 1) Přístupová metoda - Ethernet využívá při komunikaci technologii CSMA/CD, zajišťující hladký přenos dat s detekcí kolizí v sítích. (GUŽÍK, 2006)
- 2) Topologie sítí – popsána v první kapitole
- 3) Typ přenosového média, jeho délka, způsob připojení. Podrobnějším popisem se budu zabývat v další podkapitole v rámci Gigabit Ethernetu.
- 4) Rychlost přenosu dat



Rychlost sítí šla rychle kupředu. Kroucená dvojlinka přinesla do standardního Ethernetu novou éru síťové konektivity. Dnes se původní desetimegabitový Ethernet jeví pomalý. Ethernet poskočil přes kroucenou dvojlinku nejprve na 10 Mbit/s, poté na 1 Gbit/s a teď dokonce na 10 Gbit/s. Standardizační komise naštěstí neotálela a držela tempo s rychlým vývojem Ethernetu. Byly tak vydány standardy pro různé aktivní prvky, kabely, síťové karty a různé komponenty. (TRULOVE, 2009)

#### **2.4.2 Gigabit Ethernet**

Nejnovější variací Ethernetu jsou standardy s rozšířením specifikace IEEE 802.3, které staví na vlastnostech Ethernetového protokolu s rychlostí až 1 Gbit/s. (HORÁK, 2006) Tento standard dostává využití ve vysokorychlostních sítích LAN, či k výstavbě páteřních sítí a propojení serverů. Pomalu se objevují gigabitové technologie Ethernetu, které dosah kabelů pomalu protahují na 10, 70 a 80 kilometrů. (GUŽÍK, 2006) Je určen pro běh na kroucené dvojlince, ale hlavně na zmíněných optických kabelech. Zrychlení na 1 Gbit/s bylo docíleno spojením dvou technologií. První byla IEEE 802.3 pro Ethernet a druhá ANSI x3T11 pro fyzický kanál realizovaný na optickém vlákně. Zachovala se tak zpětná kompatibilita pro instalovanou média a zůstala možnost použití plného, či polovičního duplexu. (TRULOVE, 2009)

##### **Gigabitový Ethernet po metalických kabelech:**

Gigabitový Ethernet po metalickém vedení se nazývá 1000BaseT. Je určen převážně pro dvojlinkové vedení s použitím kabelů UTP CAT 5e nebo novější CAT 6, tedy nabízí úplné gigabitové rozhraní pro kabely a osmi pinové zástrčky (RJ-45). Je nástupcem technologie Ethernetu 100BaseT neboli Fast Ethernetu používající kabeláž kategorie 5. Na rozdíl od Fast Ethernetu, gigabitový přenos používá všechny čtyři páry vodičů. (TRULOVE, 2009) Kdysi byl gigabitový přenos používán v páteřních sítích, všude tam, kde je potřeba přenést velký objem dat. Ale vlivem poklesu cen hardware, zejména síťového, se rozšiřují gigabitové rychlosti do menších sítí LAN. Další měděný standard je 1000BaseCX, který existuje od vzniku gigabitového Ethernetu. Písmeno „X“ značí neoptickou implementaci technologie Fibre Channel. Drahé vlákno je tak nahrazeno měděným, tzv. twinaxiálním kabelem. Srovnání se staršími Ethernet technologiemi naleznete v obrázku 2.3, spolu s popsány vlastnostmi daného standardu. (HORÁK, 2006)

norma	kabel	konektor	délka segmentu	topologie	maximální délka sítě	přenosová rychlost [Mb/s]
10BASE-5	koaxiální (tlustý)	AUI,	500 m	sběrnice	2500 m	10
10BASE-2	koaxiální (tenký)	BNC	185 m	sběrnice	910 m	10
10BASE-T	kroucená dvojlinka	RJ-45	100 m	hvězda	Podle hubů (ty lze propojovat a tak síť „natáhnout“)	10
10BASE-FL	optický kabel	ST, SC,	2000 m		2000 m	10
Fast Ethernet						
100Base-TX	kroucená dvojlinka	RJ 45 pro UTP DB-9 pro STP	100 m	hvězda		100
100Base-FX	optický kabel	ST, SC	412 m 10000 m			100
Giga Ethernet						
1000Base-X	optický kabel	ST, SC				1000
1000Base-T	kroucená dvojlinka	RJ-45				1000

Obrázek 2.3 Tabulka srovnání Ethernetových technologií (HORÁK, 2006)

## 2.5 Bezdrátové sítě

Bezdrátové sítě odstartovaly v minulé dekádě revoluci v počítačových sítích. Jedná se o skupinu standardů IEEE 802.11x zabývajících se bezdrátovým přenosem sítí. Pro bezdrátové sítě je několik standardů a každý vznikl na míru konkrétní službě. Standardy se vyvíjejí a mění podle nových technologií a služeb. (SOSINSKY, 2010) Sítím IEEE 802.11x se říká bezdrátový Ethernet, ale od klasického Ethernetu se v mnoha ohledech liší. Jedním z hlavních rozdílů je, že bezdrátový Ethernet se kolizím vyhýbá (využití CSMA/CA), ale klasické je pouze detekuje (CSMA/CD). (TRULOVE, 2009)

Sítě využívají pro svůj přenos nelicencovaná, veřejná pásma 2,4 nebo 5 GHz. Těmto pásmům se v rámci bezdrátových sítí říká kanály. V těchto kanálech probíhá komunikace v celém spektru. V bezdrátových sítích existují dva typy architektur pro připojení: (SOSINSKY, 2010)

- Ad-hoc režim – jednotlivé počítače v síti jsou mezi sebou propojeny přímo, bez použití přístupového bodu
- Infrastrukturní režim – počítače v síti jsou propojeny pomocí centrálního, přístupového bodu (tzv. Access point – AP)

Na obrázku 2.4 vidíte tabulku bezdrátových standardů s popisem přenosových vlastností a použitých technologií, jako pásmo, modulace, propustnost, rychlost a dosah.

Standard	Pásmo (GHz)	Modulace <sup>1</sup>	Propustnost (Mb/s)	Celková hrubá bitová rychlost (Mb/s)	Dosah (uvnitř/venku, v metrech)
802.11	2,4	IR/FHSS/DSSS	0,9	2	20/100
802.11a	5,0	OFDM	23	54	35/120
802.11b	2,4	DSSS	4,3	11	38/140
802.11g	2,4	OFDM	19	54	38/140
802.11n	2,5 nebo 5,0	OFDM	74	600	70/250
802.11y	3,7	OFDM	23	54	50/5000

<sup>1</sup> IR = infračervené záření, FHSS = modulace frekvenčními skoky v rozptýleném spektru (Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS = modulace pokrytím spektra metodou přímé posloupnosti frekvencí (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum), OFDM = multiplexování ortogonálním rozdělením frekvencí (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

**Obrázek 2.4** Tabulka bezdrátových standardů a jejich vlastností (SOSINSKY, 2010)

## 2.6 Síťový hardware a software

### 2.6.1 Aktivní prvky sítě

Model ISO/OSI nám dává představu, co vše je potřeba pro komunikaci v síti. Už první tři vrstvy mají poměrně složité úkoly. Část z nich je integrována v síťové kartě, data nám přenese kabel, ale kontrolu paketů, výběr trasy, kde má paket projít a mnoho dalších úkolů musí provádět aktivní prvky kabeláže. (HORÁK, 2006) Aktivními prvky je nazýváme, protože ovlivňují dění v síti, na rozdíl od kabeláže, kterou nazýváme prvky pasivními. Zatímco starší Ethernet používal topologii sběrnice, novější 10/100BaseT a 1000BaseT používají aktivní hvězdu. Díky tomu je potřeba zmíněných aktivních prvků v síti, kde je potřeba směřovat či řídit komunikaci, jelikož přenos již není tak jednoduchý. (TRULOVE, 2009)

#### Most (Bridge)

Prvek slouží k aktivnímu směřování dat rozvětvené sítě na základě filtrace přenášených paketů (ROD, 2011). Propojuje LAN sítě v rámci jedné síťové technologie (nutný stejný formát rámce na všech úrovních). Umožňuje jako převodník konverzi přenosového média (GUŽÍK, 2006).

#### Rozbočovač (Hub)

Vznikl na základě potřeb 10/100BaseT standardu. Na příchozí port přijde signál, který jej zopakuje všem připojeným stanicím. Každý port aktivního prvku se tak chová

jako výše popsaný opakovač. Počet odchozích portů je většinou 8, 12, 24, nebo i více u dvourychlostních rozbočovačů. Tyto dvourychlostní rozbočovače si většinou automaticky zjistí rychlost připojeného zařízení a přizpůsobí se. Běží-li dva porty na jiné rychlosti, rozbočovače umí mezi těmito rychlostmi převádět. Pro přístup k médiu využívají technologii CSMA/CD a dají se navzájem propojit do větších sítí. (TRULOVE, 2009)

### **Přepínače (Switch)**

V dnešní době se huby pomalu nepoužívají, byly nahrazeny novějším prvkem, přepínače. Tak jako rozbočovače používají technologii CSMA/CD. Nevýhodou této metody je postupné zahlcování sítě se stoupajícím počtem stanic. Přepínač tuto výhodu eliminuje, jelikož odděluje komunikující stanice virtuálními okruhy od zbytku sítě. Ostatní stanice tak nejsou zahlcovány cizími pakety a nedochází ke zpomalování sítě, výměna dat probíhá maximální rychlostí. (HORÁK, 2006)

### **Směrovač (Router)**

Jedná se o nejinteligentnější aktivní prvek. Shromažďuje informace o připojených sítích, poté vybírá nejvhodnější a nejkratší cestu pro posílaný paket (HORÁK, 2006). Mezi další funkce směrovačů patří filtrace paketů, šifrování, a důležitá funkce překladu adres NAT. Díky této funkci se hodí k propojování v sítích WAN, nebo pro přístup ze sítě typu LAN do internetu. Pracuje na třetí, síťové vrstvě modelu ISO/OSI, díky tomu dokáže překlenout rozdíly mezi LAN sítěmi postavených na různých technologiích (GUŽÍK, 2006).

## **2.6.2 Síťový software**

Síťový software je programové vybavení, které ve spolupráci s hardware zajišťuje jednotlivé síťové funkce. Můžeme jej rozdělit na systémový, který zajišťuje chod samotného počítače, na aplikační software, se kterým pracují uživatelé pracovních stanic. (SOSINSKY, 2010)

### **Operační systém**

Jako hlavní cíle operačního systému můžeme zařadit správu technických prostředků počítačového systému, efektivní použití hardware počítače a snadnější řešení problémů uživatelů. Operační systémy můžeme dělit na textové a grafické. Textovým OS je například staříčkový DOS, či moderní Linux, který ovšem již dokáže

pracovat s grafickým rozhraním a stává se tak uživatelsky lépe dostupný. Systémy pracují s tzv. procesy, ty můžeme označit jako běžící programy nebo služby. Moderní operační systémy umožňují multitasking - možnost běhu několika programů zároveň. (DUMEK, 2003)

V posledních letech velmi rychle rostou potřeby na paměť RAM. Je běžné mít v počítači 4 a více GB operační paměti. Aby systém uměl s touto pamětí pracovat a celou ji alokovat, je potřeba využívat 64 bitový systém. Starší 32 bitový systém uměl pracovat maximálně se 4 GB. Z toho si část paměti alokovaly hardwarové komponenty, jako grafická karta, proto bylo použitelné paměti pro aplikace ještě méně. Starší programy měly problém s během na 64 bitové verzi. Postupným nasazením a zpětnou kompatibilitou mezi systémy se tento neduh vytrácí a nehraje již tak zásadní roli ve volbě systému. (DUMEK, 2003)

V mé práci jsem použil nejnovější systém společnosti Microsoft Windows 7 v 64 bitové verzi. Detailnějším rozбором použitého OS a dalšího SW se zabývám v teoretické části práce. Mezi síťový software můžeme zařadit také firewall, antivirový program (popis v další kapitole zabezpečení).

## **2.7 Zabezpečení**

V této kapitole popisuji zabezpečovací prvky sítě. Jedná se například o firewally, VPN (virtuální privátní síť), NAT (překladač adres) nebo antivirové programy. Tyto technologie pomáhají chránit síť, pro útočníka z venku je mnohem složitější získat nepovolený přístup k privátní síti. Samozřejmě, jde-li signál vzduchem, je riziko větší. Ve světě se běžně setkáváme s nezabezpečenou, bezdrátovou LAN sítí, obzvláště v domácnostech, kde se třetí strany na černo k síti rády připojí. V dnešní době se útoky zvenčí stále stupňují, proto je bezpečnost velice důležitá a je nutno nebrat ji na lehkou váhu. (SOSINSKY, 2010)

### **2.7.1 Zabezpečení sítí obecně**

#### **NAT (Network Address Translation)**

Technologie překladač sítí je základním směrovacím mechanismem. Jde o proces, kdy průchodem NAT prvkem dochází k výměně adresy v IP hlavičce za jinou. Jednoduše řečeno, rozsah jedné statické IP adresy rozpíná na celou privátní síť. Vnitřní síť často používá privátní adresy a vnější síť globální. Šetří tak prostor

veřejných IP adres. (SOSINSKY, 2010) NAT prvkem může být firewall, router nebo počítačový server. Při překladu je možné určit, které IP adresy se budou překládat a které ne. Tento proces je možné uskutečnit pomocí access listů, zabrání se tak zbytečnému překladu platných veřejných adres ve vnitřní síti. (BAČA, 2012)

### **VPN (Virtual Private Networks)**

Ve světě datových spojů vzniká potřeba, aby komunikace byla bezpečná. Místní síť po připojení do rozlehlé sítě WAN ztrácí efektivitu zabezpečení. Další problém vzniká se vzdálenými přístupy uživatelů do sítě. Tyto problémy řeší právě virtuální privátní síť (VPN). Vytvářejí bezpečné linky z nezabezpečených spojení a to prostřednictvím veřejné sítě, tunelovacích a šifrovacích protokolů. První síť VPN vznikaly nad privátními pronajatými telefonními linkami. Později se začaly budovat pomocí veřejné, celosvětové sítě typu Internet. (SOSINSKY, 2010)

### **VLAN (Virtual Local Area Network)**

Virtuální LAN síť slouží k logickému rozdělení na menší nezávislé sítě uvnitř fyzické struktury původní sítě. Jinak řečeno, pomocí VLAN docílíme stejného efektu jako rozdělení pomocí přepínačů. Tak dojde k efektivnímu zabezpečení sítě, kdy například ve firmě každá VLAN reprezentuje úsek firmy (skladní, manažerský, účetní úsek apod.). Při komunikaci v rámci jednoho switchu je portům přidělena daná VLAN. Jiná situace nastává, chceme-li využít stejné VLANy a nezáleží, na jaký přepínač jsme napojeni. Tuto situaci lze vyřešit pomocí VLAN trunkingu. Přiřazení do virtuální sítě se nastavuje typicky na přepínači. Pro zařazení komunikace do dané sítě můžeme využít čtyř metod: zařazení podle portů (nejpoužívanější, portům jsou přiděleny jednotlivé VLAN), podle MAC adresy, podle protokolu, podle autentizace (server ověří uživatele a poté se přiřadí do dané sítě). (BOUŠKA, 2012)

### **VLAN trunking**

VLAN trunking umožňuje přepínači použít pro provoz několika VLAN sítí jednu fyzickou linku. Jinými slovy, jeden fyzický port může využívat více VLAN. Součástí trunkingu je tzv. Trunk mode zapojení. Ten slouží k propojení více switchů mezi sebou a komunikace tak zůstala ve správné VLANě. Pro přenos rámců v trunking modu se mohou používat dva protokoly: (BOUŠKA, 2012)

- IEEE 802.1q – standardizovaná metoda, kterou podporují všechny switche s možností VLAN sítí (funguje na principu tzv. tagování, do hlavičky se přidá 4B informací)
- Cisco ISL – Cisco proprietární metoda, kterou podporují pouze vyšší řady switchů (celý původní paket je zabalen jako obsah nového paketu, přidává tedy 30B obsahu)

## Firewall

Firewall je prostředek, který logicky, fyzicky i softwarově odděluje známou síť od nezabezpečené, nedůvěryhodné sítě. V síti je firewall skupina bezpečnostních opatření, jež chrání před zlovolnými aktivitami. Umožňuje část bezpečnostní politiky soustředit a implementovat do jednoho bodu, což je i nejlevnější řešení. Není moudré zapojit počítač do Internetu bez jakéhokoliv druhu firewallu (BOŽEK, 2009). Existuje několik druhů firewallů, od jednoduchých, implementovaných v operačních systémech až po komplexní, hardwarový firewall. Firewally členíme do následujících skupin: (SOSINSKY, 2010)

- Personální firewally, například Windows firewall, Kerio firewall
- Firewally integrovány ve směrovačích
- Hardwarové a serverové firewally, příkladem je server (PC) s funkcí firewallu
- Proxy firewally, sloužící jako prostředník mezi klientem vně FW a serverem

Většina firewallů má vlastnosti, které pokrývají více než jednu ze zmíněných kategorií. Pokud srovnáváme firewally, je třeba se dívat na tři faktory: jejich vlastnosti, výkonnost a cenu. Bohužel neexistuje žádný výkonnostní test. Lidé je používají mnoha různými způsoby, čehož si jsou vědomi výrobci. Neprozrazují tak metriky, kterými propustnost produktů měří. (SOSINSKY, 2010)

**Antivirový program** – Dneska se najde málo odvážlivců, kteří provozují internetové připojení bez antivirového pomocníka a ponechají tak počítač bez ochrany. Ekonomické ztráty spojené s počítačovými viry mohou narušit stabilitu firmy. Moderní antiviry nabízejí ochranu nejenom proti virům, ale také proti malware a jinému škodlivému software. Antivirové programy můžeme dělit z hlediska použití na serverové a klientské (pro uživatelské stanice ve firmě, či jiných organizacích). Dále

pak z hlediska ceny pro komerční využití, které jsou placené a freeware, pro použití v domácnostech. (HÁK, 2005)

### **2.7.2 Zabezpečení WIFI sítí**

Jak už jsem zmiňoval v předchozích odstavcích, bezpečnost bezdrátových sítí je oproti metalickým hůře zajistitelná. Volné šíření rádiových vln může kdokoli odposlouchávat. Bezpečnostní opatření jsou dvě: (HORÁK, 2006)

- Autentizace – je kontrolováno přiřazení nové stanice do bezdrátové sítě, kdy je úkolem zabránit vstupu třetím osobám
- Kódování – zajišťují šifrování dat, v případě odposlechu třetích stran

**SSID** – jedná se o název přístupového bodu. Je tak identifikátorem dané bezdrátové sítě. Broadcast SSID můžeme v nastavení aktivního prvku vypnout, což je nejjednodušší formou zabezpečení sítě proti neoprávněnému přístupu třetích stran. (HORÁK, 2006)

**WEP** – je protokolem zajišťující algoritmus proudového šifrování dat s pomocí symetrické šifry, který pracuje se 40 nebo 104 bitovými klíči. WEP se považuje za slabou úroveň ochrany, jeho šifrovací mechanismus lze lehce napadnout. (SOSINSKY, 2010)

**WPA** – Novější WPA je aktuální šifrovací protokol. Řeší problémy staršího protokolu WEP tak, že zavádí nový mechanismus TKIP – generování klíčů. Technologie umožňuje 48 nebo 128 bitový šifrovací klíč, kdy je vygenerovaný nový klíč pro každý přenášený paket. (SOSINSKY, 2010) Autentizace přístupů sítě zabezpečenou WPA je prováděna pomocí PSK (Pre-Shared Key), kdy obě strany používají stejně dlouhou heslovou frázi. V roce 2004 byl vytvořen nový standard protokol WPA2, který využívá pokročilý šifrovací mechanismus AES. Bohužel ne všechny, hlavně starší směrovače, jsou připraveny na protokol WPA2. (ROD, 2011)

**RADIUS** – Další možností je využití RADIUS serveru. Ověřování probíhá přihlašovacím jménem a heslem, které se vyšle jako požadavek k serveru. RADIUS server ověří přístup a poté vyšle odpověď o povolení přístupu, nebo jeho zamítnutí.



### **3. Analýza současného stavu sítě**

V této části práce se zaměřuji na představení školy, základní popis charakteristiky školy, jednotlivých budov, současného stavu síťové architektury, provozu sítě a její správy.

#### **3.1 Charakteristika organizace**

##### **Základní údaje**

Název školy: Základní škola a mateřská škola Ostrava – Hošťálkovice

Kontaktní adresa: Výhledy 210

Ostrava - Hošťálkovice

725 28

Právní forma: Příspěvková organizace

##### **Vývoj a charakteristika školy**

První škola v Hošťálkovicích vznikla již v roce 1736, ale první budova byla postavena v roce 1833. Do roku 1920 se vyučovalo především Německy. Roku 1936 začala výstavba nové školní budovy na ulici Výhledy. Stará budova později sloužila různým účelům, dnes pro podnikatelskou činnost. Historie nové školy tedy začíná ke dni 16. 9. 1936, výuka ve škole začala v lednu 1938. V 90. letech byla škola opravena a dostala dnešní podobu.

Na škole se vyučuje celkem v devíti třídách, kdy průměrný počet žáků na třídu je 18, přičemž na prvním stupni jsou počty nižší. Od druhého stupně na základní školu přibývají žáci ze sousedních vesnic Lhotka a Bobrovníky. Tyto školy nabízejí studium pouze v rámci prvního stupně. V současné době školu navštěvuje kolem 160 dětí, kapacita školy je 220 žáků. Od roku 2003 je součástí školy mateřská škola s kapacitou 50 dětí.

Základní škola má být především základem k budoucímu profesnímu uplatnění, připravuje tak žáky k přijímacím zkouškám na střední školu prostřednictvím kvalitní výuky a doučovacích kurzů. Škola samozřejmě nabízí mimoškolní aktivity a zájmové činnosti, jako dramatický, literární a pěvecký kroužek, výrobu keramiky, šerm a mnoho dalších. Každý pátek na škole vyučují učitelé ze ZUŠ Petřkovice, zejména hru

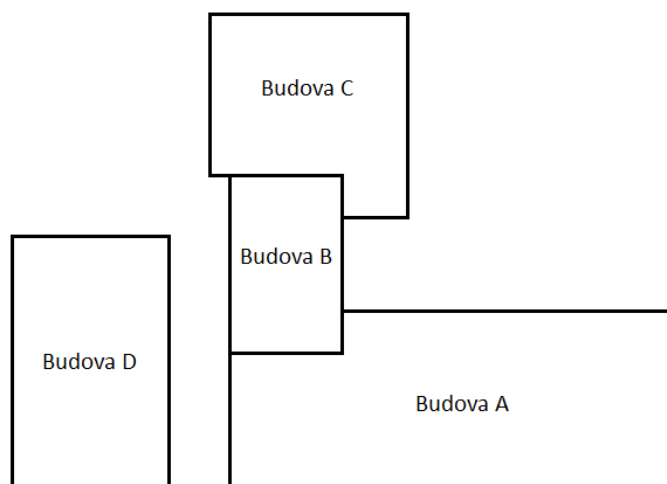
na hudební nástroje. Škola také poskytuje služby školní družiny a stravování ve školní jídelně.

V roce 2003 byla ZŠ vybrána do projektu Indoš a vybudována PC učebna napojená do sítě internet. Ve škole tak nastalo dosud největší rozšíření informačních technologií. O rok později se počítalo s rozšířením sítě na dvě učebny. Velkou o kapacitě 20 PC a malou s 10 počítači pro první stupeň, popřípadě rozšíření do školní družiny. Bohužel plán nevyšel, škola tak má stále jen jednu učebnu pro druhý stupeň, od kterého se povinně vyučuje informatika. Do roku 2005 spravoval školní síť ředitel školy, nyní je pod dohledem správce sítě.

## 3.2 Analýza budov

### Schéma bloku budov

Na obrázku 3.1 vidíme náčrt schématu budov areálu školy, ale také mateřské školy, která se nachází vedle budovy školy.



Obrázek 3.1 Schéma budov areálu školy

Jelikož se jedná o základní školu na vesnici, není areál nikterak rozsáhlý. Skládá se ze čtyř hlavních bloků: budova A – hlavní budova školy, budova B – tělocvična, budova C – družina, budova D – mateřská škola. Družina a hlavní budova je spojena koridorem, který tyto dva bloky propojuje a není potřeba budovy nijak obcházet. Toto propojení zde nebylo vždy, vzniklo koncem 90. let za dob mého studia na škole. Školka byla ke škole připojena po roce 2000. Propojovací koridor není z finančních důvodů zatím dostupný.

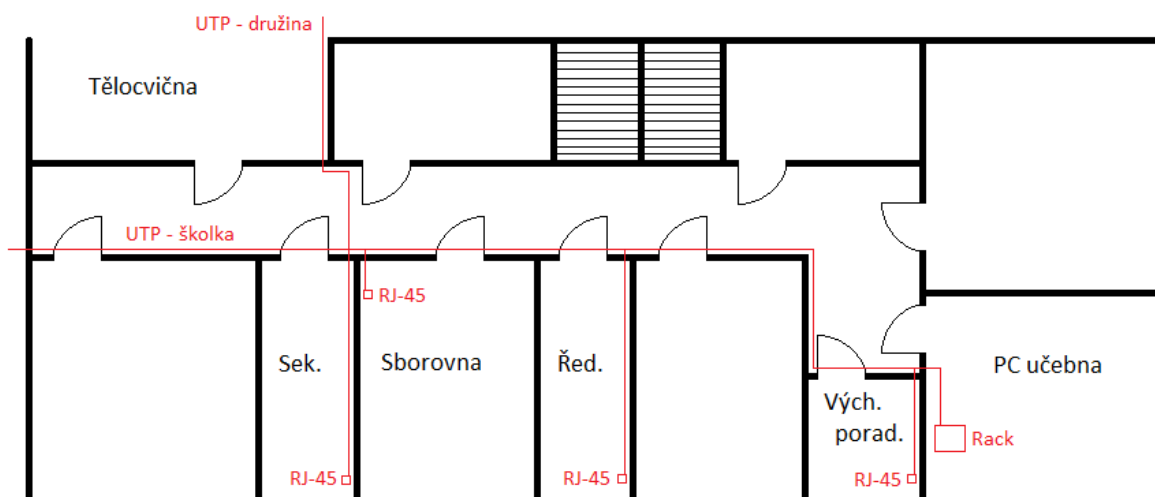
## Budova A – přízemí

V přízemí v pravé části hlavní budovy se nachází dvě učebny. Další součástí podlaží jsou šatny pro žáky, vrátnice sloužící zároveň jako školní bufet, vyhrazená místnost pro úklidové potřeby spolu s šatnou uklízeček. Přes přízemí vede koridor spojující hlavní budovu a družinu. Toto podlaží není nikterak napojeno na školní síť.

## Budova A – první patro

První patro budovy obsahuje z našeho hlediska pro nás nejdůležitější místnosti. Kromě klasických tří učeben, také učebnu pro výuku informatiky. Počítačová učebna aktuálně obsahuje 17 počítačů, z toho 16 stanic určených pro žáky a kantora k výuce, jeden počítač je použit jako server. Na linuxovém serveru běží základní služby, jako NAT, DHCP, DNS, zároveň slouží jako směrovač v síti. Přepínač je se serverem spojen pomocí trunk technologie (využití VLAN trunking).

V učebně se nachází hlavní rozvod sítě, nalezneme zde switch o 24 portech, který je propojen se serverem a uložen v rack 19“. Veškeré rozvody na škole jsou řešeny pomocí kabeláže UTP CAT 5e, vedené do zásuvek s konektorem RJ-45. Jelikož v době renovace budov nebyla součástí počítačová síť, jsou rozvody vedeny pomocí lišt PVC 40x40.



Obrázek 3.2 Schéma prvního patra hlavní budovy školy

Na obrázku 3.2 vidíte schéma zapojení sítě prvního patra. Z počítačové učebny je síť rozvedena po patře a do dalších částí školního areálu. Pomocí UTP kabelů je síť rozšířena do ředitelny, sborovny, kanceláře výchovného poradce a sekretariátu.

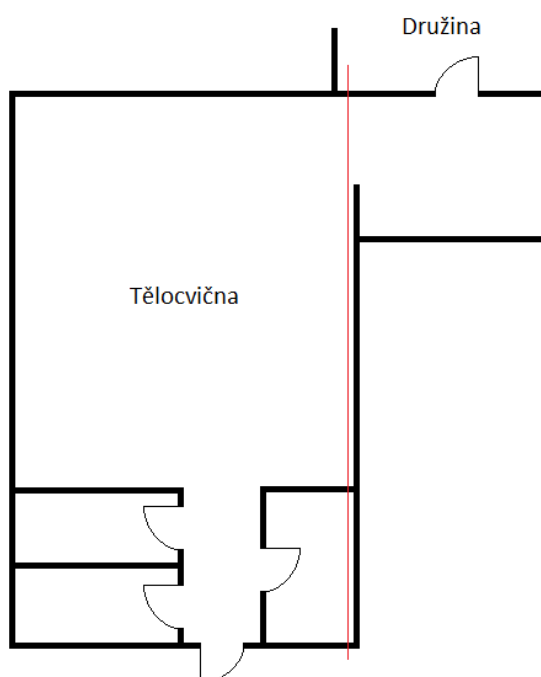
Ve sborovně je pouze zásuvka, není zde žádný počítač. Zásuvka tak slouží pro osobní potřebu učitelů k připojení vlastního zařízení jako notebook. Další dva kabely vedou do bloku C – družiny a bloku D - mateřské školy. V celé síti je použit jeden aktivní prvek, tedy ve všech zmíněných místnostech je možno připojit pouze jednu koncovou stanici.

### **Budova A – druhé patro**

Součástí posledního patra jsou kabinety pro učitele a pět učeben, z toho je jedna učebna určena pro výuku fyziky a chemie. Stejně jako v případě přízemí, ani zde není vedena počítačová síť, proto nebudu přikládat schéma patra.

### **Budova B – tělocvična**

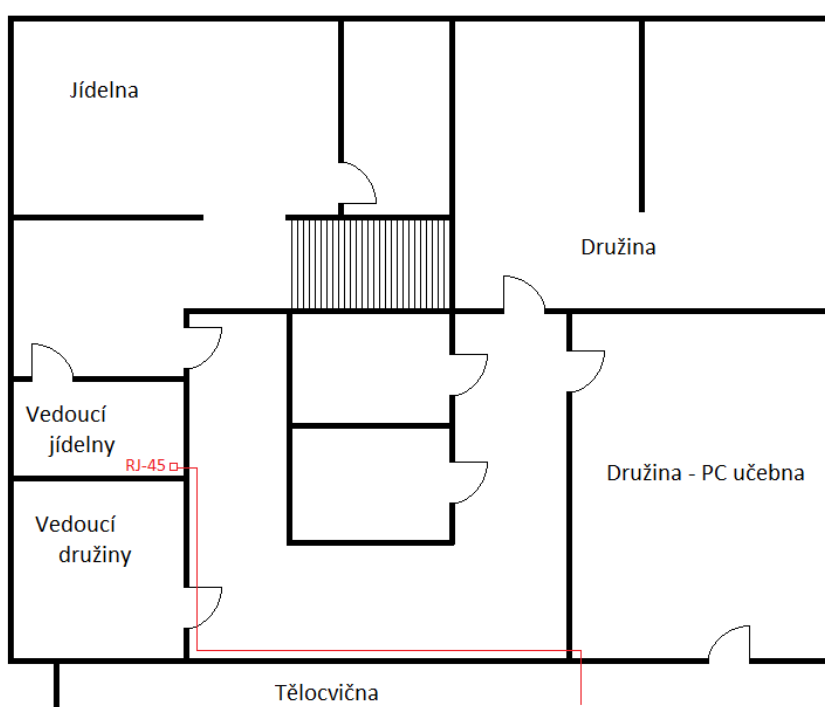
Budova tělocvičny má dvě patra. Spodní patro, se sníženým stropem, slouží pouze jako koridor spojující dvě budovy. Horní část je již zmíněná tělocvična, která má dva vchody: z druhého patra hlavní budovy a z družiny. Přes tělocvičnu je natažen UTP kabel, který vede do jedné z místností družiny a pokračuje až do kanceláře vedoucí školní jídelny. Kabel je samozřejmě veden blíže stropu, aby nepřekážel při využívání tělocvičny.



**Obrázek 3.3 Schéma tělocvičny**

## Budova C – družina

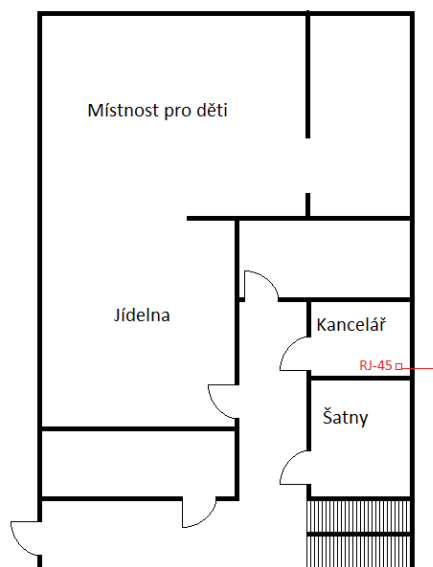
Součástí bloku C není pouze družina se šatnami, ale také školní jídelna a kuchyně. Budova má opět dvě patra – šatny a školní kuchyně, která také vaří pro mateřskou školu, jsou umístěny na spodním patře. Na horním patře se nachází jídelna, dvě místnosti družiny a dvě kanceláře pro vedoucí družiny i jídelny (kuchyně). Jak již bylo zmíněno, kanceláře se nachází vedle sebe, síť vede přes tělocvičnu do kanceláře vedoucí jídelny. Na obrázku 3.4 vidíte schéma bloku budovy C a vedení kabelu do kanceláře.



Obrázek 3.4 Schéma druhého patra budovy C - družiny

## Budova D – mateřská škola

Školka se nachází zhruba 10-15 metrů od hlavní budovy školy. Budova má dvě patra, která jsou v podstatě identická. Kabel UTP vede přímo z přepínače učebny do třídy spodního patra školky. Jelikož je UTP kabel veden venkem, je školka připojena pomocí speciálního UTP kabelu s lepší izolací, který tak lépe vyhovuje podmínkám venkovního užití. Vše opět ukázáno ve schématu – obrázek 3.5.



Obrázek 3.5. Schéma prvního patra mateřské školy

### 3.3 Charakteristika správy sítě

V kapitole se zaměřuji na používaný software instalovaný na koncových stanicích, ale také popisuji služby běžící na serverové stanici. Samozřejmě rozebírám správu uživatelů, zabezpečení, zálohování a současné připojení k internetu.

#### Internetové připojení

Škola byla k vysokorychlostnímu internetu připojena v roce 2003 v rámci projektu Indoš. Od té doby se změnil jak poskytovatel připojení, tak rychlost, která se mnohonásobně zvýšila. V roce 2007 se v obci zaváděla optická síť, byla vybudována přípojka ke škole. OVANET, nynější poskytovatel optického připojení, nabízí velmi spolehlivé a rychlé připojení. Garantuje poskytovanou stejnou rychlost pro stahování 10 Mbit/s i pro odchozí směr - upload.

Rychlost připojení je pro základní školu plně dostačující a vyhovující. Škole je poskytována jedna veřejná IP adresa, je tak potřeba využívat technologie NAT pro překlad adres. Správce sítě pro zjednodušení a urychlení správy sítě využívá internetového připojení spolu se vzdáleným přístupem pomocí služeb VPN.

## **Správa uživatelů**

Správa uživatelů je řešena pomocí operačního systému Microsoft Windows server 2003 a Active Directory, která implementuje adresářové služby LDAP. Při každém vstupu do školní sítě je potřeba se přihlásit uživatelským jménem a heslem. Každý učitel má své vlastní přihlašovací údaje, žáci sdílejí jeden účet studenta. Přihlašovací údaje pro kantory jsou tvořeny jejich jménem a příjmením.

Po přihlášení jsou uživatelům dostupné síťové disky, logicky rozděleny do oddílů, které se nachází na serverovém počítači. Uživatelé mají přidělena práva, kdy je možné zapisovat na vybrané oddíly. Studenti a učitelé nemají však přístup pouze ke sdíleným datům na síti, ale hlavně získají přístup k síťovým aplikacím potřebným k výuce či práci.

Operační systém Windows server 2003 na škole zajišťuje pouze správu uživatelů a sdílení. Jako hlavní operační systém je použita distribuce Linux Debian, na které běží další potřebné služby.

## **Zabezpečení**

Z fyzického hlediska je zabezpečení řešeno pomocí kamerového systému, který je umístěn v počítačové učebně. Jelikož se zde nachází velice drahé zařízení a hlavně serverový počítač, který není v oddělené místnosti, je monitorování velice důležité.

Celá síť je rozdělena pomocí virtuálních sítí (VLAN). Porty switchů mají pevně přidělenou danou VLAN síť. Školní síť je dělena do dvou částí: první je určena pro počítačovou učebnu, druhá slouží pro ostatní stanice základní a mateřské školy.

Dalším zabezpečujícím prvkem školy je linuxová brána s integrovaným firewallem, který blokuje jednotlivé nepotřebné porty a chrání síť proti neoprávněným přístupům z venčí. Jelikož se jedná o základní školu, je blokován obsah určen pro dospělé, spolu s blokováním sociálních sítí.

Jelikož má škola velmi dobré připojení k internetu, zejména upload, běží na serveru webhosting www stránek a pošta. Kontrola dat a poštovních schránek proti virům, trojským koním a jinému škodlivému software je zajištěn antivirovým programem Clamav, který je dostupný zdarma pro Unixové OS. U poštovních

protokolů SMTP a POP3 je blokován přístup na servery, které mohou generovat nevyžádanou poštu. Na koncových stanicích není použit žádný antivirový program.

Proti výpadkům proudu je server napojen na záložní zdroj - UPS. V případě výpadku je tak krátkodobě zajištěn chod serveru. Uživatelské stanice proti výpadku proudu zajištěny nejsou. UPS tak hlavně slouží pro regulérní vypnutí serveru v případě přerušení dodávky elektrického proudu.

Na škole funguje pravidelné zálohování proti ztrátě dat. Zálohy jsou prováděny denně, je tak možno obnovit zálohu a zachránit data k předešlému dni. Tyto zálohy se provádí na fyzický disk zapojen v RAID1 (zrcadlení dat). Jednou týdně jsou prováděny zálohy na geograficky oddělený server, aby se zachránila data v případě živelné katastrofy. Zálohuje se veškerá uživatelská data.

### **Používaný software**

V případě operačních systémů, převládají systémy společnosti Microsoft – Windows XP, které jsou nainstalovány na všech stanicích na škole. Jak již bylo zmíněno, pouze serverová stanice obsahuje systémy dva – distribuci Linux a Windows server 2003. Na všech stanicích je používán kancelářský balík LibreOffice, který je volně dostupný.

Na stanicích učebny jsou kromě kancelářských balíků dostupné programy podporující výuku žáků. Škola má zakoupené licence těchto programů od společnosti Terasoft. Jedná se o balíky určené k výuce předmětů základní školy, jako matematika, český jazyk, cizí jazyk, fyzika, chemie apod. Škola žáky seznamuje s grafickou úpravou obrázků pomocí programu Gimp, či základními značkami tvorby HTML stránek pro zpestření výuky. Pro procházení webového obsahu je využíván integrovaný prohlížeč Internet Explorer.



## **4. Návrh rozšíření a finanční analýza sítě**

V kapitole vytvořím vlastní návrh modernizace a rozšíření sítě ve škole, která vychází z analýzy současného stavu. Tato modernizace bude představena ve dvou variantách – minimální a maximální. Zaměřím se na rozšíření sítě pro možnost budoucího připojení dalších koncových stanic, jelikož současný stav tuto možnost neumožňuje. Součástí sítě bude rozmístění přístupových bodů pro bezdrátové připojení ve vybraných částech areálu školy (mateřská škola, sborovna).

### **4.1 Obecná charakteristika**

#### **Využití stávající sítě**

Jak bylo popsáno v analýze současného stavu, v areálu školy je vedeno metalické vedení UTP do klíčových místností školy pro potřeby využívání IT. Toto vedení je pro nás důležité, jelikož je použita kabeláž UTP CAT 5e, která dosahuje dostatečných rychlostí až 1 Gbit/s pro použitý Ethernet standard v mém návrhu. Škola tak ušetří nemalé peníze na nákup a instalaci strukturované kabeláže a dalšího spotřebního materiálu jako nákup konektorů RJ-45, stahovacích pásek apod.

Kabeláž je vedena v PVC lištách, nebude problém síť rozšířit do dalších částí školy přidáním UTP kabelů do lišt. Škola se tak vyhne komplikovaným stavebním zásahům do budovy. Pro větší rozšíření bude potřeba dokoupit nové PVC lišty v částech, kde se nevyskytují (PC učebna v družině pro první stupeň). Zde budou celkově větší náklady na spotřební materiál, kabeláž a její instalaci v místnosti. Využití jednotlivých komponent sítě a software je rozdílné v závislosti na použité variantu, kterými se budu zabývat detailněji.

#### **Výběr technologií**

Jak už bylo řečeno v úvodu, standard bude využívat přenosové rychlosti až 1 Gbit/s. Jako modernizaci sítě jsem zvolil Gigabit Ethernet. Tento standard se pomalu začíná rozšiřovat do menších LAN sítí. V posledních letech jdou ceny gigabitových zařízení do přijatelných mezí. Nároky na rychlost sítě se stále zvyšují, z tohoto důvodu jsem použil tento novější standard. Škole se tak zvýší propust datového toku a připraví síť na budoucí potřebu větších rychlostí.

Standard umožňuje použití dvou typů rozvodů a to metalického vedení či optických kabelů. Pro místní síť školy je vhodné použití metalického vedení strukturované kabeláže. Využiji stávající rozvody kabelů UTP CAT 5e dosahujících vhodné potřebné rychlosti, jak jsem již dříve zmínil. U kabeláže je nutné dodržet doporučenou maximální délku 100 metrů. V mém návrhu se bez problému splňuji požadovanou hranici s menší rezervou.

Topologie sítě je stromová, která je obdobou hvězdicové topologie a vychází z určení sítě. Jako centrální aktivní prvky jsou použity switche, či přístupové body nabízející WIFI signál. Z těchto aktivních prvků vede kabeláž k jednotlivým koncovým stanicím. Jelikož navrhuji dvě varianty, budou se lišit schémata sítě a její propojení, které popíši v rozboru dané varianty.

Co se týče bezdrátového připojení, je možno použít několik standardů. Dnes nejpoužívanější standardy 802.11b/g, pracující v pásmu 2.4 GHz a dosahující rychlostí 54 Mbit/s či novější rozšiřující se standard 802.11n. Od starších standardů nabízí mnohem větší přenosové rychlosti a dokáže pracovat v pásmu 2,4 i 5 Ghz, signál tak dosahuje větší vzdálenosti i rychlosti. V kombinaci s rychlejším Gigabitovým Ethernetem jsem tedy zvolil novější, rychlejší standard 802.11n.

## **4.2 Návrh minimální varianty**

### **4.2.1 Charakteristika hardware a software minimální varianty**

Minimální návrh zaměřím na rozšíření sítě po škole s možností jejího budoucího obohacení o další koncové stanice. Půjde o základní, minimální návrh, kde bude brán větší ohled na finanční náklady týkající se těchto úprav. Součástí sítě nebude nákup nákladných položek. Těmito položkami se rozumí nový hardware pro koncové stanice v počítačové učebně a jejich softwarové vybavení, naopak součástí sítě je toto rozšíření:

- Modernizace sítě technologií Gigabit Ethernet v rámci školy – výměna aktivních prvků (switch) v počítačové učebně za moderní prvky umožňující rychlost až 1 Gbit/s
- Rozšíření sítě ve sborovně – přidáním 3 počítačů, spolu s přístupovým bodem umožňujícím WIFI připojení pro sborovnu

- Rozšíření sítě v budově C – přidáním přístupového bodu pro WIFI připojení a koncových stanic do kanceláře vedoucí družiny pro přístup k lokální síti a internetu
- Rozšíření sítě v mateřské škole – přidáním přístupového bodu pro WIFI připojení a napojení koncové stanice
- Nakoupení kancelářského balíku pro koncové stanice počítačové učebny, určeného k výuce žáků

### **Požadavky na hardware**

Každá počítačová síť klade na hardware jiné požadavky. Je třeba dívat se na několik důležitých aspektů, a to nejenom cenu, rychlost, výkon apod. Různé aktivní prvky sítí mají rozdílné vlastnosti, týkající se použitých technologií. Například ne každý přepínač umí využívat VLAN sítě, které jsou v našem případě potřeba. Jednotlivé komponenty musí být mezi sebou kompatibilní a vhodné pro možnost dalšího rozšíření. Požadavky je proto nutno sepsat a dle nich vybrat vhodné komponenty pro vytvoření sítě. Součástí návrhu není přesný výběr daného hardware, pouze výpis jejich požadavků.

#### Požadavky na switch:

Škola na přepínači využívá všech 24 portů, pro aktuální rozšíření sítě je potřeba větší množství. Je tak nutno vybrat přepínač umožňující rychlost až 1 Gbi/s s více než 24 ethernetovými porty. Takovýto přepínač je velice drahý, proto je lepší použít více přepínačů maximálně o 24 portech. Další důležitou vlastností je podpora protokolů IEEE 802.1q pro použití virtuálních VLAN sítí, které škola využívá. Z důvodu možnosti dalšího rozšíření a zachování VLAN sítí je jednodušší zakoupit všechny přepínače s podporou tohoto protokolu 802.11q. Velikost zařízení nesmí být větší než 19“, aby je bylo možno umístit do montážních skříní (rack) používaných školou.

- říditelný aktivní prvek
- přenosová rychlost 1 Gbit/s
- minimální počet 24 portů (možnost použití více prvků)
- podpora protokolu 802.1q pro použití virtuálních sítí
- možnost umístění do rack 19“

### Požadavky na přístupový bod:

Přístupový bod musí mít rychlost minimálně 100 Mbit/s a podporovat technologii 802.11n pro šíření bezdrátového signálu. Jelikož je potřeba připojit několik koncových stanic pomocí strukturované kabeláže, musí obsahovat ethernetové porty. Krom těchto hlavních specifikací by bylo vhodné, aby aktivní prvek podporoval několik modů zapojení. Většina těchto zařízení má vlastní externí anténu s konektorem R-SMA a výkonem 2-3 dBi. Anténa by měla být, v případě potřeby, odnímatelná. Z hlediska zabezpečení se doporučuje šifrování WPA2.

- přenosové pásmo 2,4 Ghz
- standard 802.11n
- externí odnímatelná anténa
- rychlost 100 Mbit/s (pro LAN porty)
- minimálně 4 ethernetové LAN porty
- šifrování WPA2

### Požadavky na externí anténu

- všesměrová anténa se ziskem minimálně 5 dBi
- přípojný konektor R-SMA.

### Požadavky na koncové stanice:

Jelikož jsou počítače určeny pro kancelářskou práci, nemusí být výkon nikterak enormní. Ovšem koncové stanice musí splňovat požadavky na dostatečný výkon pro provoz moderního systému a dalšího využívaného software. U stanic musí být brán ohled na velikost skříně, aby nebyla moc velká a dala se uložit ve vertikální i horizontální poloze. Pro připojení periférií je potřeba několika rozhraní USB. Jako důležitou vlastnost bych zmínil spotřebu počítačů, která musí být v přijatelných mezích. Součástí požadavků je licence na operační systém, naopak není třeba optické mechaniky.

- dvoujádrový procesor
- minimálně 2 GB operační paměti RAM
- minimální velikost disku 250 GB
- předinstalovaný operační systém Windows 7

- analogový nebo digitální grafický výstup
- síťová karta s rychlostí 1 Gbit/s
- minimálně 4 USB porty
- periferie jako monitor, myš a klávesnice

#### Požadavky na zobrazovací zařízení

Zobrazovací zařízení (také monitor) musí být kompatibilní s výstupem integrovaného chipu základní desky. Jelikož monitor s HDMI rozhraním je relativně drahý a pro školní potřeby zbytečný, je potřeba analogového nebo digitálního rozhraní (konektor DVI). Není nutná velká úhlopříčka obrazovky, bohatě postačí velikost do 19“, která je příjemná pro práci.

- LCD technologie
- konektor D-sub nebo DVI-D
- pozorovací úhly 160/160 °
- úhlopříčka obrazovky do 19“
- minimální rozlišení 1366x768

#### Požadavky na myš/klávesnici

Jako monitor, i tato výstupní zařízení musí být kompatibilní s rozhraním základní desky. Většina výrobků používá k připojení s deskou rozhraní USB2, které nahrazuje starší PS2 (používá se hlavně pro klávesnice).

- přípojné rozhraní USB2 nebo PS2 (popřípadě redukce na USB2)
- optické nebo laserové snímání pohybu

#### Výběr ostatních prvků

- kabel UTP cat. 5e délky minimálně 150 metrů
- konektory RJ-45 pro UTP kabel
- krytka konektoru RJ-45
- zásuvka RJ45 včetně keystonů a šroubků
- stahovací pásy k přichycení strukturované kabeláže
- kabelová lišta PVC

## **Výběr vhodného software:**

Koncové stanice obsahují předinstalovaný operační systém Windows 7. Vhodným balíkem pro výuku na základní škole je určitě Microsoft Office, který je nejpoužívanější, a žáci se s ním budou běžně setkávat. Aktuálně použitý, volně dostupný kancelářský balík je dostačující, ale ne vždy plně kompatibilní právě s nejpoužívanějším Office. Pro žáky je důležité, aby se naučili pracovat s balíkem, který je využíván na většině středních a vysokých škol a byli připraveni na budoucí studium.

### Operační systém - **Microsoft Windows 7 Professional**

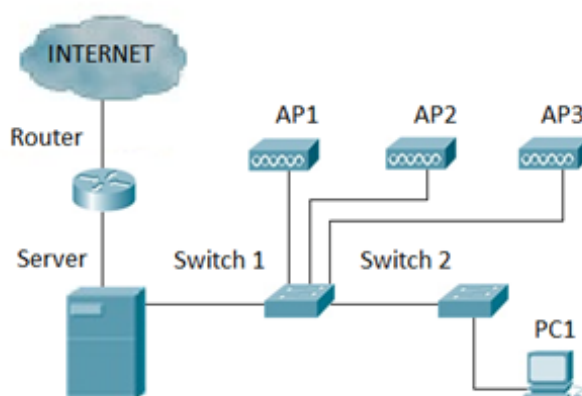
Windows 7 je nejnovější operační systém společnosti Microsoft. Nabízí velkou podporu programů, spolu s vylepšeným zabezpečením a lepším přístupem k síti. Verze Professional navíc obsahuje možnost použití tzv. Windows XP mode, pro kompatibilitu programů staršího operačního systému, kterou škola využije. Systém je použit v 64 bitové verzi.

### Kancelářský balík - **Microsoft Office 2010 Standard Sngl OLP NL AE**

Nejnovější kancelářský balík společnosti Microsoft nabízí kompletní kancelářskou agendu s velkou spoustou programů. Pro základní školu byla vybrána verze Standard s licencí, určenou pro školní potřeby, obsahující tyto programy: Microsoft Word (tvorba textových dokumentů), Excel (tvorba tabulkových dokumentů), Powerpoint (tvorba prezentací), Outlook (emailový klient). Balík je možno zakoupit ve starší verzi 2007, který má stále podporu ze strany výrobce a s nástupcem si je velmi podobný. Škola v učebně využívá k výuce 16 počítačů, je tak potřeba stejného počtu licencí.

## 4.2.2 Organizace síťového hardware minimální varianty

### Schéma zapojení sítě



Obrázek 4.1 Schéma zapojení sítě minimální varianty

Na obrázku 4.1 vidíte blokové schéma zapojení a strukturu sítě pro realizaci minimální varianty. Internetový obláček charakterizuje připojení od poskytovatele OVANET. Vnější síť je napojena na směrovač (je součástí serveru, pro lepší představu nakresleno zvlášť), který dále vede přes bránu firewall nacházející se na linuxovém serveru. Z hlavního serveru je veden kabel UTP k přepínači (Switch 1), který síť větví k přístupovým bodům sborovny (AP1), družiny (AP2) a mateřské školy (AP3). Tyto přístupové body jsou zdrojem WIFI signálu pro připojení přenosných koncových stanic – notebooků. V síti jsou použity dva přepínače propojené mezi sebou. Tento druhý aktivní prvek (Switch 2) slouží pro napojení koncových stanic počítačové učebny, která je označena jako PC1.

Vedení rozvodů bylo popsáno v analýze současného stavu, zejména propojení jednotlivých bloků budov. V této části plány zaktualizuji v rámci rozšíření sítě a popíši zapojení jednotlivých komponent. Tento popis instalace se bude týkat prvního patra hlavní budovy, mateřské školy a družiny. Pro lepší přehlednost jsou plány a popisy opět rozděleny do tří bloků, které se týkají daného rozšíření.

### Nové plány a montáž po rozšíření sítě

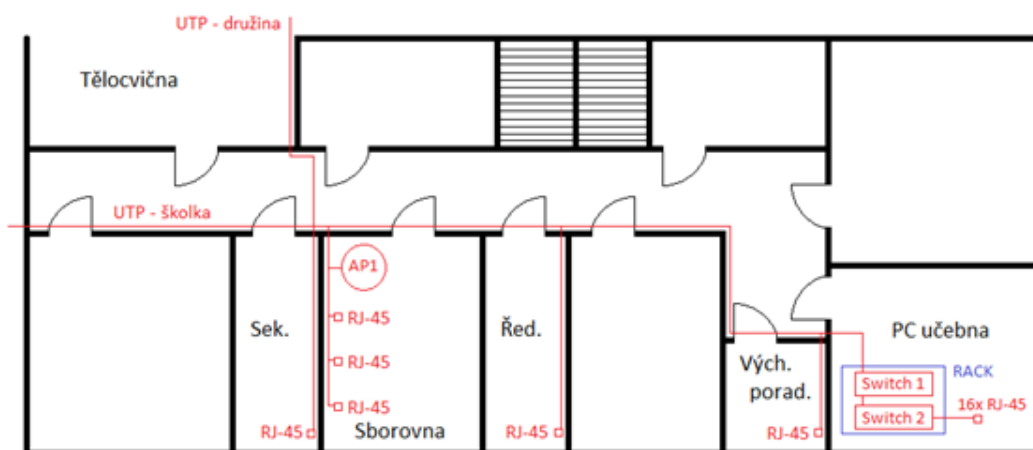
#### Počítačová učebna

V počítačové učebně se nachází rack 19" sloužící pro přehlednou montáž a uložení přepínačů. Je dostatečně velký pro zapojení dvou aktivních prvků, je zde tedy uložen 2x přepínač (Switch 1 a Switch 2) aniž by byla potřeba skříň měnit. Je

důležité, aby spojení Switch 1 se serverem bylo pomocí trunk technologie pro lepší podporu VLAN sítí. Také nemusíme kabely vést přímo ze serveru, ale jako hlavní rozvod sítě bude použit přepínač Switch 1.

Přepínač Switch 2 slouží jako hlavní rozvod pro stanice určené k výuce, je využito všech 16 portů (stanice pro žáky a jedna pro učitele, na který je napojen dataprojektor). Na hlavní server (nachází se v počítačové učebně) je napojen přepínač označený Switch 1, který vede čtyři UTP kabely a větví síť do dalších částí školy, tedy kanceláří, družiny, mateřské školy a sborovny.

### Sborovna



**Obrázek 4.2 Schéma prvního patra hlavní budovy po rozšíření sítě**

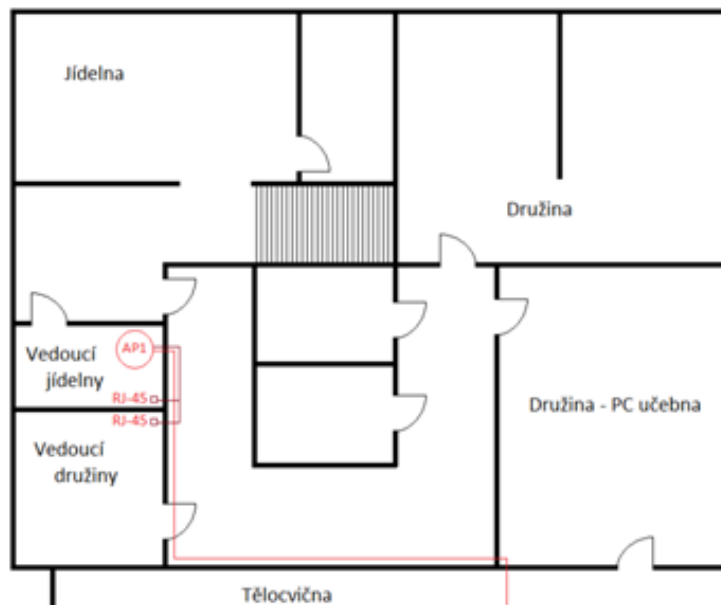
Ve sborovně se nachází první z přístupových bodů AP1 umístěn napravo při vstupu do místnosti. Nyní má škola dvě možnosti, jak síť ve sborovně rozvést do nově přidaných koncových stanic. První možností je vést nový UTP kabel k přístupovému bodu AP1, který má 4 ethernetové porty. Koncové stanice připojit přes přístupový bod pomocí těchto portů. Výhodou je použití menšího množství UTP kabelů, ale stanice budou připojeny rychlostí pouze 100 Mbit/s.

Proto je připojení lepší řešit druhou variantou, pro každou stanici natáhnout UTP kabel. Pro lepší přístup bude potřeba vyvrtat větší otvor ve zdi pro natažení všech čtyř kabelů ze Switche 1. Jeden pro přístupový bod a zbývající pro koncové stanice, které v tomto případě budou připojeny plnou rychlostí. Jelikož je použito více kabeláže, je potřeba přidat podél zdi lišty, do kterých se kabely uchyťí a budou



ukončeny zásuvkami RJ45. Z těchto zásuvek pomocí vlastní výroby povedou tři propojovací patch kabely o délce dvou metrů k jednotlivým počítačům.

### Družina



**Obrázek 4.3 Schéma druhého patra budovy C minimální varianty**

V družině se síť opět jednoduše větví pomocí přístupového bodu AP2. Tento aktivní prvek je umístěn v kanceláři vedoucí jídelny v rohu místnosti (viz obrázek), která má natažen UTP kabel k zásuvce. Ten je použit jako přístupové médium pro WAN port. Na obrázku vidíte označen rozvod dvou kabelů do zásuvek RJ45 umístěných v obou kancelářích. Strukturovaná kabeláž je vedena chodbou, kde jsou již použity lišty. Tím se ušetří na dalších výdajích za PVC lišty. Kdyby kabeláž vedla od AP2 k vedoucí družiny přímo přes zeď, byla by cesta sice kratší, ale neefektivní. Jelikož je k družinářce síť nově rozvedena, je potřeba připojit nový počítač s danými perifériemi. Koncové stanice jsou od zásuvek propojeny patch kabelem.

### Mateřská škola

Síť ve školce není nikterak rozsáhlá, proto nepřikládám obrázek po rozšíření sítě. Struktura je velice podobná jako v budově družiny. Do kanceláře je vedena venkovní verze UTP kabelu, který je zakončen zásuvkou. Z tohoto důvodu je přístupový bod AP3 umístěn v kanceláři a napojen patch kabelem ze zmíněné zásuvky. Z aktivního prvku je vyveden kabel do zásuvky RJ45 pro připojení koncové stanice. Veškerá kabeláž je vedena pomocí PVC lišt.

## **4.3 Návrh maximální varianty**

### **4.3.1 Charakteristika hardware a software maximální varianty**

Maximální varianta bude obsahovat části návrhu minimální varianty, navíc je obohacena o rozšíření počítačové učebny v družině a o další menší rozdílnosti, vypsané v bodech. Součástí varianty jsou tato rozšíření:

- Modernizace sítě technologií Gigabit Ethernet v rámci školy – výměna aktivních prvků (switch) v počítačové učebně za moderní prvky umožňující rychlost až 1 Gbit/s
- Výměna starších počítačů za 20 nových stanic v počítačové učebně pro žáky druhého stupně
- Rozšíření sítě ve sborovně přidáním 3 počítačů, spolu s přístupovým bodem umožňujícím WIFI připojení pro sborovnu
- Rozšíření sítě v budově C přidáním přístupového bodu pro WIFI připojení a koncových stanic do kanceláře vedoucí družiny, aby dosáhla přístupu k lokální síti a internetu. Vybudování počítačové učebny o 10 stanicích (stanice vyřazeny z první učebny) pro žáky prvního stupně
- Rozšíření sítě v mateřské škole přidáním přístupového bodu pro bezdrátové připojení a napojení koncové stanice pro kancelářské potřeby pomocí tohoto aktivního prvku
- Nakoupení kancelářského balíku, operačního systému a antivirového programu pro učebnu druhého stupně

### **Požadavky na hardware**

Požadavky se budou lišit zejména v návrhu koncových stanic pro nově vytvořenou počítačovou učebnu. Jelikož základ obou variant je podobný, většina požadavků bude stejná, proto je uvádím jen v bodech a detailněji se zaměřím na rozdíly v požadavcích na hardware a software.

### Požadavky shodné s minimální variantou

Většina zakoupeného hardware maximální varianty se od předchozí varianty liší potřebným množstvím. Jeden přístupový bod je nahrazen přepínačem, je tedy potřeba tří přepínačů a dvou přístupových bodů.

- Přepínač
- Přístupový bod
- Externí anténa
- Zobrazovací zařízení
- Periferie myš/klávesnice
- Ostatní prvky nutné k vytvoření sítě (kabely, konektory, lišty apod.)

### Požadavky na koncové stanice

Požadavky na koncové stanice jsou také velice podobné předchozímu návrhu, zejména co se výkonu týče. Ve variantě je možno přidat navíc optickou mechaniku či další přídatné zařízení, jako čtečku karet. Počítače pro učebnu nemusí být tak skladné – možnost uložení do horizontální polohy není nutná.

### Požadavky na Rack

Nová učebna v družině, která je určena pro první stupeň, potřebuje pro umístění přepínače nový rack 19“, aby se dětem zabránilo k přístupu do sítě a nemohly do ní zasahovat.

- velikost racku 19“
- minimální kapacita pro jeden přepínač
- další potřebný materiál pro uchycení na stěnu (podstavec, šroubky)

### **Výběr vhodného software:**

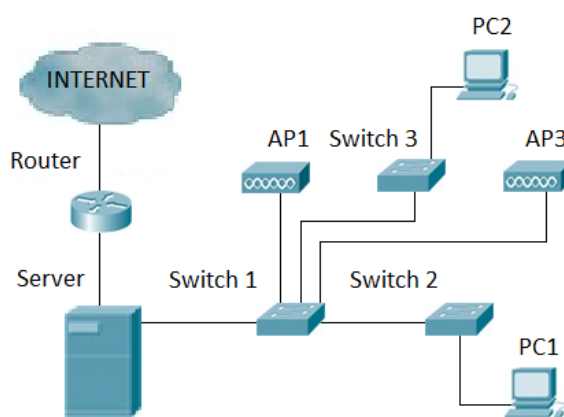
Jako u minimální varianty, koncové stanice v učebně pro druhý stupeň, mají mít nainstalován kancelářský balík Microsoft Office 2010 pro vylepšení výuky studentů. Na nové počítače je nutno zakoupit operační systém. Na rozdíl od předchozí varianty, má škola v této maximální variantě vylepšené zabezpečení proti virům díky koupené licenci na antivirový program u všech koncových stanic.

## Antivirový program – ESET NOD32 Antivirus EDU licence

Antivirový systém nabízí plné bezpečnostní řešení pro ochranu počítačů, odvrátí tak hrozby počítačových virů. Licence navíc obsahuje nástroj ESET SysRescue umožňující vytvořit záchranné médium pro opravu napadených systémů. Poskytovaná licence programu je dostupná jeden rok a neobsahuje integrovaný firewall nebo ochranu proti spamu.

### 4.3.2 Organizace síťového hardware maximální varianty

#### Schéma zapojení sítě



Obrázek 4.4 Schéma zapojení sítě maximální varianty

Od pohledu lze vidět jasný rozdíl v síti. Přístupový bod AP2 byl nahrazen přepínačem Switch 3 umístěným v místnosti družiny. Nebude tak v této části školy použita bezdrátová síť. Na Switch 3 je napojena počítačová učebna označena PC2, ale také oba počítače v kancelářích vedoucích. Další část sítě je shodná s předchozí variantou.

#### Nové plány a montáž po rozšíření sítě

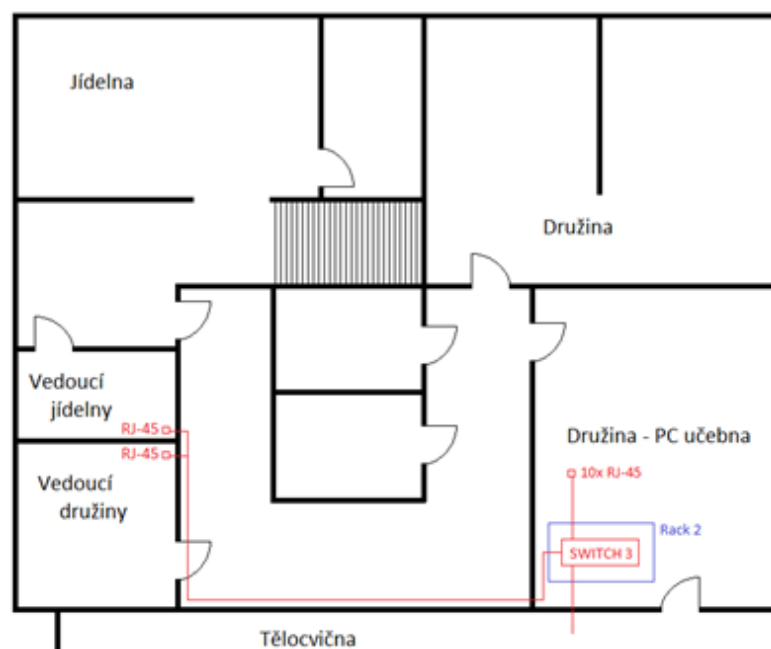
Jelikož hlavní změna v síti je v části bloku budovy C – družiny, přiložím plán pouze této části.

#### Počítačová učebna pro druhý stupeň

Počítačová učebna od první varianty obsahuje pár úprav a vylepšení. Je zde nakoupeno 20 nových počítačů, počet se tak zvýšil o čtyři koncové stanice. Jelikož je na třídu v průměru 19 žáků, bude tak mít každý žák svou vlastní pracovní stanici (jedna stanice je určena pro vyučujícího). K těmto novým stanicím je potřeba vést 4

UTP kabely, samozřejmě zakončené zásuvkou RJ45, které se musí dokoupit. Naopak není nutno přidávat nové lišty pro strukturovanou kabeláž, protože už vedou podél celé místnosti. Jelikož jsou zakoupené přepínače s 16 porty, musí se část stanic napojit na přepínač Switch 1. Díky použité technologii trunkového propojení není rozložení stanic mezi dva přepínače žádnou chybou.

#### Družina a učebna pro první stupeň



**Obrázek 4.5 Schéma druhého patra budovy C maximální varianty**

Switch 3 se nachází v levém rohu při vstupu z tělocvičny. Pro lepší ochranu a zamezení přístupu dětí je uložen v rack 19" umístěném na stěně. Kabel UTP vedený přes tělocvičnu je použit jako přívodní do přepínače pro další rozvětvení sítě. Proto je třeba jej zkrátit a vytvořit novou koncovku RJ45. Dva kabely vedou do kanceláří vedoucí družiny, jídelny a jsou zakončeny zásuvkou RJ45. Jelikož ve variantě chybí přístupový bod AP2, nelze zde použít bezdrátové připojení. Na druhou stranu jsou veškeré stanice připojeny gigabitovou rychlostí. Všechny počítače v budovách základní školy jsou napojeny na gigabitovou síť (kromě mateřské školy).

Z přepínače Switch 3 je vyvedeno 10 UTP kabelů pro připojení koncových stanic nové učebny. Kabely jsou vedeny v lištách PVC 40x40, ale ty je potřeba přikoupit a přimontovat, jelikož dosud nebyla strukturovaná kabeláž v místnosti použita. Lišty povedou podél celé místnosti, stejně jako v případě učebny pro druhý stupeň. Kabely

jsou zakončeny zásuvkami. Pro připojení koncových stanic se zásuvkou jsou použity propojovací patch kabely.

V první učebně jsou počítače nově zakoupeny. Aby se ušetřily náklady, jsou nahrazené počítače přiděleny do nové učebny v družině (spolu s periferiemi). Jelikož jsou stanice primárně určeny k základům výuky na počítači pro žáky prvního stupně navštěvující družinu a školní kroužky spojené s IT, je výkon plně dostačující. Zbývajících 5 počítačů z učebny druhého stupně je použito jako koncové stanice ve sborovně, kanceláři vedoucí družiny a v mateřské škole.

#### 4.4 Nastavení a možnosti zařízení

Popisem se kapitola zaměří na nastavení a možnosti jednotlivých prvků, zejména co se týče základního nastavení pro chod sítě a jejího zabezpečení v rámci bezdrátového připojení.

##### Nastavení IP adres pro daná zařízení

Každé z aktivních zařízení má přidělenou svojí vlastní IP adresu, pomocí které se můžeme na zařízení připojit a nastavit je. Protože se jedná o síť menšího rozsahu, pro nejjednodušší a nejefektivnější nastavení adres, doporučuje se použít neveřejný rozsah nebo také C rozsah. Tento neveřejný rozsah má následující tvar 192.168.xxx.xxx. Při použití standardní masky 255.255.255.0, určující velikost adresného prostoru, můžeme v síti použít až 253 koncových stanic. Pro potřeby školy rozsah omezuji na 100 zařízení. Protože je ve škole připojeno okolo 40 stanic, zůstane dostatek adresného prostoru i pro bezdrátově zapojená zařízení. Níže uvedená tabulka ukazuje přidělené IP adresy pro jednotlivá zařízení obou navrhovaných variant (Vmin – minimální varianta, Vmax – maximální varianta).

Zařízení	IP - Vmin	IP - Vmax
Switch 1	192.168.1.98	192.168.1.97
Switch 2	192.168.1.99	192.168.1.98
Switch 3		192.168.1.99
AP1	192.168.2.98	192.168.2.99
AP2	192.168.2.99	
AP3	192.168.2.100	192.168.2.100
Router	192.168.1.100	192.168.1.100

## Možnosti přepínače

U jednotlivých přepínačů je důležité nastavení jednotlivých VLAN sítí. V tom nám pomůže VLAN trunking a tagovací protokol IEEE 802.11q, který zajistí komunikaci samostatných sítí se stejným klientem. Autentizace uživatelů pro přístup do lokální sítě slouží také k přidělení do dané VLANy. Autentizace probíhá v rámci ověřování uživatelů vůči RADIUS serveru, který je potřeba doinstalovat na serverovou stanici s pomocí správce sítě. U této metody je možné nastavení, kdy v případě, že není uživatel autentizován, je zařazen do speciální hostující VLANy. Síť zachovává rozdělení na dvě samostatné VLANy oddělující školní síť od počítačových učeben.

## Možnosti a nastavení přístupového bodu

Jednotlivé přepínače budou nastaveny v provozním režimu bridge. Díky tomuto režimu se vypne podpora překladu adres NAT a dalších funkcí, které by nebyly pro síť přínosné a zbytečně by komplikovaly zapojení. Pokud má zařízení vlastní firewall bránu, je vhodné, aby byla také vypnutá, jelikož brána je zprostředkována pomocí serveru.

Pro bezdrátovou síť je nutno nastavit používaný standard. Na většině těchto zařízení je defaultně nastaven standard 802.11b/g, jelikož je zatím stále nejpoužívanější. V nastavení určeném pro bezdrátové sítě zvolíme možnost novějšího standardu 802.11n.

Každý přístupový bod vysílá signál na dané frekvenci, které se říká vysílací kanál. U zařízení je možno vybrat z 13 vysílacích kanálů. Aby se signály nepřekrývaly a vzájemně nerušily, musí být mezi nimi rozestup. Nastavení vysílacích kanálů naleznete v tabulce níže. Zvolený rozestup je v rozmezí 5 kanálů.

Zařízení	Kanal - Vmin	Kanal - Vmax
AP1	2	5
AP2	7	
AP3	12	10

Z hlediska zabezpečení je možno využít několika variant. Jelikož škola používá uživatelské účty, učitelé rádi využijí možnost přihlásit se do školní sítě z vlastní stanice a mít přístup ke svým osobním datům na serveru. Proto je nutno přihlášené uživatele využívající bezdrátovou síť ověřovat vůči RADIUS serveru. Pro zvýšení

bezpečnosti je možno skrýt vysílání SSID daných přístupových bodů a nebude tak viditelné pro třetí strany. Vysílací SSID je použito ve tvaru ZS\_Vyhledy\_APx, kde x označuje číslo daného přístupového bodu. Jako další zvolený prvek zabezpečení se může využít filtrování pomocí MAC adres. Tato možnost je neefektivní, protože zabezpečení pomocí RADIUS serveru ji předčí. Také se ušetří čas správce sítě, kdy při tomto typu zabezpečení musí přidat jednotlivé MAC adresy bezdrátových stanic do nastavení přístupových bodů.

## 4.5 Finanční analýza

Kapitola je zaměřena na náklady spojené s modernizací sítě. V přehledných tabulkách uvedu finanční analýzu pro obě varianty, které poté mezi sebou porovnáám. V cenové kalkulaci se nenachází náklady spojené s dalším vybavením, jako jsou stoly pro nové počítače v rámci sborovny, počítačové učebny v družině nebo cena montáže a instalace sítě. Škola zaměstnává vlastního správce sítě, tudíž je cena montáže spojena s jeho platem. Finanční analýza je orientační, jelikož škola musí zadat výběrové řízení. Firma, která řízení vyhraje, dostane zakázku na nákup a výběr nového hardware dle požadavků školy. V práci tak neuvádím přesný hardware. Veškeré uvedené ceny (včetně DPH) vychází z požadavků školy na potřebný hardware a software dostupné z e-shopů [www.lan-shop.cz](http://www.lan-shop.cz) a [www.alfa.cz](http://www.alfa.cz).

### Finanční analýza minimální varianty

Položka	množství	cena/1	cena
Přepínač	2	3 050 Kč	6 100 Kč
Přístupový bod	3	570 Kč	1 710 Kč
Externí anténa	3	155 Kč	465 Kč
Koncové stanice	5	9 090 Kč	45 450 Kč
Zobrazovací zařízení	5	2 010 Kč	10 050 Kč
Myš/klávesnice	5	295 Kč	1 475 Kč
Kabel UTP cat 5e	150 m	6 Kč	900 Kč
Stahovací pásky na kabely	50	0,50 Kč	25 Kč
Konektory RJ-45	20	4 Kč	80 Kč
Krytka konektoru RJ-45	20	3 Kč	60 Kč
Zásuvka RJ-45	6	45 Kč	270 Kč
Lišta PVC 40x20 (2 m)	4	35 Kč	140 Kč
Kancelářský balík Office 2010 (licence)	16	1 590 Kč	25 440 Kč
<b>Celkové náklady</b>			<b>92 165 Kč</b>



## Finanční analýza maximální varianty

Položka	množství	cena/1	cena
Montážní skříň (rack)	1	3 360 Kč	3 360 Kč
Přepínač	3	3 050 Kč	9 150 Kč
Přístupový bod	2	570 Kč	1 140 Kč
Externí anténa	2	155 Kč	310 Kč
Koncové stanice	20	9 090 Kč	181 800 Kč
Zobrazovací zařízení	20	2 010 Kč	40 200 Kč
Myš/klávesnice	20	295 Kč	5 900 Kč
Kabel UTP cat 5e	250 m	6 Kč	1 500 Kč
Stahovací pásy na kabely	100	0,50 Kč	50 Kč
Konektory RJ-45	50	4 Kč	200 Kč
Krytka konektoru RJ-45	50	3 Kč	180 Kč
Zásuvka RJ-45	16	45 Kč	720 Kč
Lišta PVC 40x40 (2 m)	15	45 Kč	675 Kč
Kancelářský balík Office 2010 (licence)	20	1 590 Kč	31 800 Kč
Antivirový program NOD32 (licence/rok)	20	599 Kč	11 980 Kč
<b>Celkové náklady</b>			<b>288 965 Kč</b>

## **5. Zhodnocení navrhovaného řešení**

### **Zhodnocení z finančního hlediska**

V předchozí kapitole jsem vykalkuloval náklady na obě varianty. Náklady na první, minimální variantu, byly vyčísleny na 92 165 Kč a náklady na druhou, maximální variantu, byly vyčísleny na 288 965 Kč. Již od pohledu jsou finanční částky na dané varianty velice odlišné, rozdíl činí 196 800 Kč. Tento rozdíl je způsoben zejména nákupem velkého množství nového vybavení určeného pro počítačovou učebnu v družině. Náklady na kompletní vybavení koncových stanic včetně veškerých periférií maximální varianty činí 227 900 Kč, což je více než 3/4 veškerých nákladů.

Velkou část nákladů tvoří softwarové vybavení jednotlivých stanic. V obou variantách je nákup licencí kancelářského balíku Office 2010, který se liší množstvím. Je důležité zmínit, že se jedná o verzi Standard a školní licenci, která je levnější, než licence pro firmy či domácí použití. Licence antivirového programu NOD32 se uvádí na jeden rok. Celkové roční náklady na 20 stanic tohoto antivirového programu vychází na 11 980 Kč.

### **Zhodnocení navrhovaných variant**

Pro školu jsou výhodné obě navrhovaná řešení. Návrhy se neliší pouze v cenové dostupnosti, ale hlavně v rozsahu, vlastnostech a možnostech dané varianty. Navrhovaná minimální varianta nabízí připojení počítačové učebny a klíčových kanceláří školy do sítě, rychlosti až 1 Gbit/s, s možností dalšího rozšíření. Součástí však není modernizace koncových stanic počítačové učebny a škola je tak odkázána na počítače staré 7 let. Naopak počítačová učebna nabízí možnost výuky s oblíbeným a nejrozšířenějším kancelářským balíkem Microsoft Office 2010. Varianta nabízí bezdrátové připojení sborovně a kancelářím, které se nachází v družině školy a mateřské školy.

Maximální varianta předčí svými možnostmi a rozsahem variantu minimální, ovšem s většími náklady na vybudování sítě. Základ návrhu této varianty je shodný s minimální variantou, který je dále rozšířen. Zakoupením nových stanic a periférií mohou žáci druhého stupně využívat moderní výpočetní stroje určené k výuce. Díky druhé počítačové učebně se zpřístupní žákům prvního stupně možnost pracovat na

počítačích a rozšířit tak své znalosti. Tato nová učebna nenabízí nové koncové stanice. V rámci výuky a potřeb prvního stupně postačují starší počítače vyřazené z učebny druhého stupně. Nakoupením antivirového programu se zvýší bezpečnost koncových stanic učebny druhého stupně. Nevýhoda však spočívá ve vyšších ročních nákladech za licenci antivirového software. Další nevýhodou je pracnější a nákladnější montáž spojená s novou počítačovou učebnou v rámci školní družiny.

Virtuální sítě posilují bezpečnost oddělením školní sítě od počítačových učeben. Autentizace do lokální sítě a daných VLAN je dynamická a ověřována vůči RADIUS serveru, který také zvýší zabezpečení. Síť je tak celkově lépe chráněna před vstupem třetích osob, než před modernizací a rozšířením. Díky dynamické autentizaci je zjednodušen a zefektivněn přístup do lokální sítě.

## 6. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout modernizaci a rozšíření stávající sítě pro základní školu. Nejprve jsem se musel seznámit s prostředím sítě. Na základě této analýzy stavu sítě a teoretických znalostí jsem vytvořil vlastní návrh rozšíření za použití technologie Gigabit Ethernet, která splňuje požadavky moderní počítačové sítě. Návrh je zpracován ve dvou variantách, které si nemají konkurovat, ale mají nabídnout škole dvě možnosti s rozdílem nákladů a rozsahem na vybudování sítě. Modernizace sítě je navrhována tak, aby byla cenově dostupná. V návrhu je brán ohled na možnost dalšího rozšíření sítě do jiných částí školy, kde zatím není sítě potřeba. Tímto návrhem modernizace a rozšíření sítě jsem splnil cíle práce.

Oblast počítačových sítí mě velice zaujala. Věřím, že informace získané při tvorbě bakalářské práce v budoucnu využiji, ale hlavně je dále rozšířím o nové znalosti a poznatky.

## Seznam použité literatury

- BAČA, Radim. *Provoz protokolů s adresami v datech přes NAT* [online]. [16. 3. 2012]. 2011. Dostupné z: <http://www.cs.vsb.cz/grygarek/TPS/projekty/0405Z/NAT/Nat.htm>
- BARTÁČEK, Jiří. *Počítačové sítě* [online]. Barts [23. 2. 2012]. 2011. Dostupné z: <http://www.barts.cz/index.php/pocitace/site/>
- BOUŠKA, Petr. *VLAN – Virtual Local Area Network* [online]. Barts [26. 3. 2012]. 2007. <http://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>
- BOŽEK, Martin. *Metody návrhů počítačových sítí*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací.
- DOSTÁLEK, Libor a Alena KABELOVÁ. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2. vyd. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-323-4.
- DUMEK, Vladimír. *Operační systémy* [online]. VUT [20. 3. 2012] 2003. Dostupné z: [http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/uai/operacni\\_systemy/OS03.pdf](http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/uai/operacni_systemy/OS03.pdf)
- GLOS, Matěj. *Rozdělení sítí podle role uzlů* [online]. [24. 2. 2012]. 2007. Dostupné z: <http://dmp.wosa.iglu.cz/?strana=uzly>
- GUŽÍK, Dalibor. *Učební texty počítačových sítí* [online]. [28. 11. 2011]. 2006. Dostupné z: <http://www.telskol.cz/~guzik/site.html>
- HÁK, Igor. *Moderní počítačové viry* [online]. Viry [20. 3. 2012] 2005. Dostupné z: <http://www.viry.cz/download/kniha.pdf>
- HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 3. vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-0892-9.
- KOSEK, Jiří. *Protokol HTTP* [online]. Kosek [16. 3. 2012]. 2011. Dostupné z: <http://www.kosek.cz/vyuka/4iz228/prednasky/http/frames.html>

- LAMMLE, Todd. *Cisco Certified Network Associate Study Guide*. 6th ed. Indianapolis: Wiley Publishing, 2007. ISBN 978-0-470-11008-9.
- MERČIŠÁK, Petr. *Návrh počítačové sítě v budově střední školy*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky.
- ROD, Miroslav. *Implementace počítačové sítě*. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta ekonomická, Katedra aplikované informatiky.
- SMITH, Roderick. *Linux ve světě Windows*. Přeložil Tomáš Znamenáček. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-247-1470-1.
- SOSINSKY, Barrie. *Mistrovství – počítačové sítě*. Přeložil Josef POJSL a Pavel VAIDA. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3363-7.
- TRULOVE, James. *Sítě LAN hardware, instalace a zapojení*. Přeložil Tomáš Znamenáček. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2098-2.

## Seznam zkratek

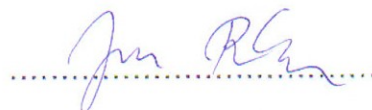
- AP – Access Point
- DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol
- DNS – Domain Name Systém
- FW – Firewall
- Gb – Gigabit
- GB – Gigabyte
- GHz – Gigahertz
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- Mb – Megabit
- MB – Megabyte
- NAT – Network Adress Translation
- SSID – Service Set Identifier
- UTP – Unshielded Twisted Pair
- VLAN – Virtual Area Network
- VPN – Virtual private network
- WEP – Wired Equivalent Privacy
- Wi-Fi – Wireless Fidelity
- WPA – Wi-Fi Protected Access

## Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou (bakalářskou) práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 11. 5. 2012



jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Podevsí 215

725 28 Ostrava 28